

نویسنده:

ریچارد داوکینز

بلندپروازی‌های خیال

سرپیچی از جاذبه با کمک طراحی و فرگشت

ع. کاظمی

ترجمه و ویرایش

بلندپروازی‌های خیال

سرپیچی از جاذبه با کمک
طراحی و فرگشت

کتاب‌های دیگر ریچارد داوکینز

ژن خودخواه
فنوتیپ گسترش یافته
ساعت ساز نابینا
نهری از عدن
صعود به قله نامحتمل
گسیختن رنگین کمان
دین یار شیطان
داستان نیاکان (به‌همراه یان ونگ)
توهم خدا
بزرگترین نمایش روی زمین
جادوی واقعیت (به‌همراه دیو مک کین)
میل به شگفتی
شمعی کوچک در تاریکی
علم در روح
بزرگ شدن خدا
کتاب‌ها زندگی می‌آفرینند

تقدیم به ایلان

بلندپرواز این خیال

تقدیم به دکتر فیروز نادری
سپهبد خلبان نادر جهانبانی
و خلبان محمود اسکندری

و برای چشم‌هایی که دیگر عزیزان‌شان را
نمی‌بینند...

-مترجم









فهرست

فصل ۱

رویاهای پرواز

فصل ۲

پرواز چه کاربردی دارد؟

فصل ۳

اگر پرواز کردن این‌قدر عالی‌ست، چرا بعضی از حیوانات بال‌هایشان را از دست می‌دهند؟

فصل ۴

اگر کوچک باشی پرواز کردن راحت است

فصل ۵

اگر باید بزرگ باشی و پرواز کنی، مساحت سطح خود را بیش از حد زیاد کن.

فصل ۶

پرواز بدون نیرو: فرود با چتر نجات و بال‌بازروی

فصل ۷

پروازهای نیرودار و نحوه‌ی کارکردشان

فصل ۸

پرواز نیرودار در حیوانات

فصل ۹

سبک‌تر از هوا

فصل ۱۰

بی‌وزنی

فصل ۱۱

پلانکتون هوایی

فصل ۱۲
«بال‌های» گیاهان

فصل ۱۳
تفاوت بین دستگاه‌های پرنده‌ی فرگشت یافته و طراحی شده

فصل ۱۴
بال ناقص چه کاربردی دارد؟

فصل ۱۵
میل به جهان بیرون: فراتر از پرواز

درباره‌ی نویسنده

درباره‌ی تصویرگر

قدردانی



این ترجمه در کانال‌های تلگرامی
ذهن پویا / خوانش کتاب برای انسان خردمند
منتشر شده و به رایگان در دسترس عموم قرار
دارد.

Dynamic_M1nd

Homosapiensfa

فصل ۱

رویاهای پرواز





«بال‌زن» اثر لئوناردو

صحنه‌ای که تنها در خیال رخ داد. **عجب** تخیلی!

فصل ۱

رویاهای پرواز

گاهی اوقات خواب می‌بینی که مثل یک پرنده در حال پرواز کردن هستی؟ من از این گونه خواب‌ها می‌بینم و دوست‌شان دارم. بدون زحمت بالای درختان چرخیدن. اوج گرفتن و شیرجه زدن، بازی کردن و جاخالی دادن از میان بعد سوم. بازی‌های کامپیوتری و هدست‌های واقعیت مجازی می‌توانند تصورات‌مان را در میان فضاهای جادویی و افسانه‌ای به پرواز درآورند ولی واقعی نیستند. تعجبی ندارد که بعضی از بزرگترین ذهن‌های گذشته مثل لئوناردو داوینچی عطش پیوستن به پرنده‌ها را داشتند و ماشین‌هایی طراحی

کردنـد تـا در ایـن کار کمک‌شـان کننـد. بـه بعضـی از طراحی‌هـای قدیمـی خواهیـم رسـید. آن طرح‌هـا نمی‌توانسـتند کار کننـد زیـرا پیشـتر نمی‌شـد بـه کار انداختـه شـوند. ولـی ایـن باعـث از بیـن رفتـن رویـای پـرواز نشـد.

بلندپروازی‌هـای خیـال؛ یعنـی ایـن کتـاب، همان‌طـور کـه انتظـار داشـتی، دربـاره‌ی پـرواز اسـت – تمـام روش‌هـای مختلـف سرپیچـی کـردن از جاذبـه کـه در طـول قرن‌هـا توسـط انسـان‌ها و در طـول میلیون‌هـا سـال توسـط حیوانـات دیگـر کشـف شـده‌اند. و شـامل پروازهـای سـرگردان فکرهـا و ایده‌هایـی اسـت کـه از تفکـر دربـاره‌ی خـود پـرواز تیـک‌آف می‌کننـد.

بـرای شـروع دربـاره‌ی افسـانه، در افسـانه‌ای‌ترین حالـت خـودش، نظرسـنجی آسوشـیتدپرس در سـال ۲۰۱۱ نشـان داد کـه ۷۷ درصـد از آمریکایی‌هـا بـه فرشـته‌ها اعتقـاد دارنـد. مسـلمان‌ها ملـزم بـه بـاور بـه آن‌هـا هسـتند و کلیسـای کاتولیـک از

قدیم باور دارد که هر کدام از ما توسط فرشته‌ی نگهبان خصوصی خودمان مراقبت می‌شویم. مطابق افسانه‌ی هزار و یک شب، اگر روی یک قالیچه‌ی جادویی می‌نشستی، فقط باید آرزو می‌کردی که به مقصدی بروی و به سرعت به آنجا می‌رسیدی. شاه سلیمان افسانه‌ای یک قالیچه‌ی ابریشم درخشنده داشت که به اندازه‌ای بزرگ بود که می‌توانست ۴۰ هزار نفر از افرادش را حمل کند و اینکه می‌توانست به باد فرمان دهد و بادها به طرفی می‌ورزیدند که او می‌خواست. افسانه‌های یونانی درباره‌ی پگاسوس، اسب شگفت‌انگیز سفیدی که بال‌های زیبایی داشت، گفته‌اند که به بلروفون کمک کرد تا «کیمرا»ی هیولا را بکشد. مسلمانان اعتقاد دارند که پیامبرشان محمد با اسب پرنده به سفری شبانه رفت. او سوار بر «بوراق»، موجودی شبیه به اسب که بال داشت و معمولا با صورت انسان نقاشی شده است،

مثـل افسـانه‌ی یونانـی قنطـورس بـه سـرعت مسـیر مکـه تـا اورشـلیم را پیمـود. «سـفر شـبانه» چیـزی اسـت کـه همـه‌ی مـا در رویاهایمـان تجربـه می‌کنیـم و بعضـی از سـفرهای شـبانه‌ی مـا، مثـل رویاهـای پـرواز کـردن، حداقـل بـه انـدازه‌ی رویـای محمـد عجیـب هسـتند.

ایـکاروس افسـانه‌ای در اسـطوره‌های یونـان بال‌هایـی از پـر و مـوم شـمع داشـت کـه بـه دسـت‌هایش پیونـد خـورده بودنـد. ایـکاروس از روی غـرور خیلـی نزدیـک بـه خورشـید پـرواز کـرد. خورشـید موهایـش را آب کـرد و او سـقوط کـرد و مـرد. هشـدار زیبایـی بـرای مغـرور نشـدن. البتـه گرچـه کـه در واقعیـت، هـر چقـدر بالاتـر پـرواز می‌کـرد بدنـش سـردتر می‌شـد نـه گرم‌تـر.



«غرور قبل از ویرانی و روح متکبر قبل از سقوط می‌آید»

ایکاروس خیلی نزدیک به خورشید پرواز کرد و سقوط کرد و مرد.



کونان دویل به پریان اعتقاد داشت

نه شرلوک هلمز و نه پروفسور چلنجر گول حقه‌ای را نمی‌خوردند که خالق‌شان خورد ولی او نویسنده‌ی فوق العاده‌ای بود.

جادوگرها قرار بود با چوب جارو پرواز کنند و هری پاتر هم تازه به آن‌ها ملحق شده بود. بابانوئل و گوزن شمالی‌اش از روی برف‌های دسامبر، دودکش به دودکش پرواز می‌کنند. گوروها و مرتاض‌ها ادعای پوچ معلق ماندن

در هـوا در حیـن مدیتیشـن و در حالـت لوتـوس را مطـرح می‌کننـد. معراج‌سـازی افسـانه‌ای اسـت کـه بـه قـدری معـروف اسـت کـه الهام‌بخـش جوک‌هـای کارتون‌هـا شـده اسـت. جـوک موردعلاقـه‌ی مـن از روزنامـه نیویورکـر اسـت؛ مـردی در خیابـان بـه دری نـگاه می‌کنـد کـه بـالای دیـوار بلنـدی قـرار گرفتـه و روی آن نوشـته شـده «جامعـه معراج‌سـازان ملـی».

سِـر آرتـور کونـان دویـل در بیـن کاراگاه‌هـای تخیلـی اولیـن کاراگاه نزدیـک بـه واقعیـت را خلـق کـرده اسـت. یکـی دیگـر از شـخصیت‌های فرامـوش نشـدنی دویـل پروفسـور چلنجـر، دانشـمندی نزدیـک بـه واقعیت اسـت. دویـل هر دو شـخصیت را تحسـین می‌کـرد امـا بـه خـودش اجـازه داد تـا گـول حقه‌هـای بچه‌گانـه را طـوری بخـورد کـه اگـر شـخصیت‌هایش واقعـی بودنـد او را بـه تمسـخر می‌گرفتنـد. حقـه‌ای بـه معنـای واقعـی کلمـه بچه‌گانـه، چـون توسـط دو بچـه‌ی بازیگـوش کـه

عکس‌های الکی از «پریان» بال‌دار درست کرده بودند گول خورده بود. دو خواهرزاده به نام‌های «السی رایت و فرانسیس گریفیتس» که عکس‌های پریان را از یک کتاب بریدند، روی مقوای نازکی چسباندند، در باغ آویزان کردند و با آن‌ها عکس انداختند. دویل در بین بسیاری از افرادی که گول حقه‌ی «پری‌های بریده شده» را خورده بودند معروف‌ترین فرد بود. او حتی کتابی با نام «آمدن پریان» نوشت تا باورش به آن کوچولوهای بال‌داری که مثل پروانه‌ها از گلی به گل دیگر پرواز می‌کنند را تحمیل کند.

احتمالا پروفسور چلنجر تند مزاج با فریاد این سوال‌ها را می‌پرسید: پریان از کدام گذشتگان فرگشت پیدا کردند؟ آیا مستقل از انسان‌ها، از کپی‌ها به وجود آمدند؟ منشاء فرگشتی بال‌هایشان چه بود؟ دویل که دکتر بود و کمی آناتومی می‌دانست باید برایش این سوال مطرح می‌شده که بال‌های پریان

به‌عنوان پیش آمدگی استخوان کتف، دنده‌ها یا چیزی کاملا جدید فرگشت پیدا کرده است؟ برای ما جعلی بودن عکس‌ها واضح است ولی اگر بخواهیم نسبت به سر آرتور بی‌طرفانه قضاوت کنیم، این اتفاق خیلی قبل‌تر از فتوشاپ روی داده بود و این باور جمعی وجود داشت که «دوربین نمی‌تواند دروغ بگوید». ما که از نسل خفن‌های اینترنت هستیم می‌دانیم که راحت می‌شود عکس‌ها را جعل کرد. خواهرزادگان «بُرّنده» در نهایت به سرکاری بودن کارشان اعتراف کردند ولی موقعی که بالای ۷۰ سال سن داشتند و از مرگ کنان دویل هم زمان زیادی می‌گذشت.

رویا از بین نمی‌رود. هر روز که در اینترنت می‌چرخیم تصورات‌مان را برمی‌انگیزد. همین که من از انگلیس این کلمات را تایپ می‌کنم، آن‌ها به فضای ابری «پرواز» می‌کنند و آماده‌ی «فرود» روی یک کامپیوتر آمریکایی هستند.

من می‌توانم وارد عکسی از دنیای کروی بشوم و با پرواز مجازی از آکسفورد به استرالیا بروم و در مسیر خود از «بالا» به کوه‌های آلپ و هیمالیا نگاه کنم. نمی‌دانم آیا دستگاه‌های ضد جاذبه‌ی داستان‌های علمی–تخیلی به واقعیت تبدیل خواهند شد یا نه. شخصا به این مورد شک دارم و در همین‌جا توضیح خواهم داد. این کتاب بدون جدا شدن از حقیقت‌های علمی روش‌هایی را نام می‌برد که با آن‌ها می‌توان جاذبه را رام کرد ولی نه به معنای واقعی کلمه از آن فرار کرد. چطور انسان‌ها با تکنولوژی و حیوانات با بیولوژی مشکل بالاتر رفتن از سطح زمین (فرار کردن از سلطه‌ی جاذبه حتی اگر مقطعی یا موقت) را حل کردند؟ ولی اول باید این سوال را بپرسیم که اصلا برای حیوانات چه منفعتی دارد که از سطح زمین جدا شوند؟ پرواز چه کاربردی در طبیعت دارد؟



پریان

فصل ۲

پرواز چه کاربردی دارد؟

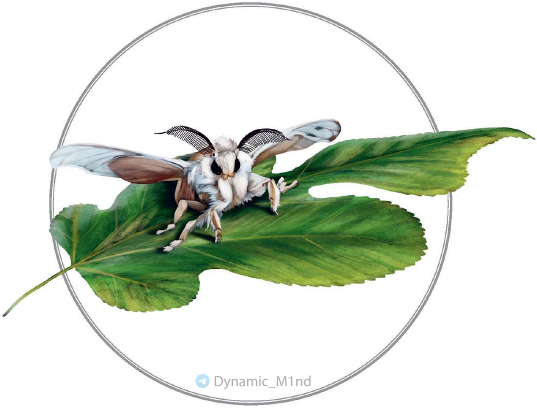


فصل ۲

پرواز چه کاربردی دارد؟

برای این سوال آنقدر جواب وجود دارد که شاید از خودت بپرسی اصلا چرا زحمت پرسیدن سوال را به خود بدهیم. ما باید ورای رویاهای باشکوهِ معلق ماندن در بین ابرهای افسانه‌ای و – عذر می‌خواهم – پایین آمدن به زمین برویم. باید جواب دقیقی ارائه کنیم و این جواب برای ارگانیسم‌های زنده یعنی: جواب داروینی. تغییر فرگشتی باید همه‌ی موجودات زنده را طوری که هستند شکل داده باشد و برای موجودات زنده جواب پرسش «این چه کاربردی دارد؟» همیشه بدون استثنا یکی است: انتخاب طبیعی داروینی یا «بقای برترین‌ها».

پس به زبان داروینی بال‌ها چه کاربردی دارند؟ برای بقای حیوان خوب هستند! بله، البته و خیلی زود به راه‌های ویژه‌ای که در عمل رخ می‌دهند میرسیم. برای مثال پیدا کردن غذا از بالا. ولی بقا تنها بخشی از داستان است. در یک جهان داروینی بقا فقط راهی‌ست که به تولیدمثل می‌انجامد. شب‌پره‌ی نر معمولا از بال‌هایش برای سوار شدن بر باد استفاده می‌کند تا به طرف ماده‌ای که با عطرش او را به سمت خود راهنمایی می‌کند برود - بعضی از آن‌ها حتی می‌توانند بوی رقیقی که یک بخش در کوادریلیون است را بفهمند. آن‌ها این کار را توسط شاخک‌های بزرگ و به شدت حساس خود انجام می‌دهند. این به بقای شب‌پره‌ی نر کمک نمی‌کند ولی همان‌طور که گفتم بقا فقط راهی‌ست که به تولیدمثل می‌انجامد.

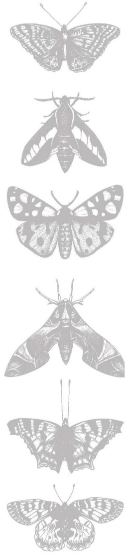


من از فاصله ۴۰۸ کیلومتری بوی ماده را می‌فهمم.

شاخک‌هایی مثل شاخک‌های پوشیده از پر این شب‌پره می‌توانند در نسیم، بوی ماده‌ها را از فاصله‌ی زیادی تشخیص دهند. شب‌پره‌های نر با شاخک‌هایشان هوا را جابجا می‌کنند و با برگشت هوا به سمت‌شان تمام جهت‌ها را کامل بررسی می‌کنند.

ما می‌توانیم این جمله را واضح‌تر بیان کنیم. برای انجام این کار به ایده‌ی بقا بازمی‌گردیم. بقای موجودات نه، بقای ژن‌ها. موجودات می‌میرند ولی ژن‌ها به صورت کپی زنده می‌مانند. ژن‌های «خوب»، در قالب

کپی‌هـای پایـدار، بـرای نسـل‌های زیـادی، حتـی تـا میلیون‌هـا سـال بقـا پیـدا می‌کننـد. ژن‌هـای بـد بقـا پیـدا نمی‌کنند–بـرای ژن‌هـا «بـد بـودن» یعنـی همیـن. چـه ژنـی واجـد شـرایط «خـوب بـودن» اسـت؟ ژنـی کـه درسـاخت بدن‌هایـی خـوب اسـت کـه دربقـا، تولیدمثـل وانتقـال همـان ژن‌هـا خـوب هسـتند. ژن‌هـای سـازنده‌ی شـاخک‌های بـزرگ شـاپرک‌ها بـه ایـن علـت بقـا پیـدا می‌کننـد کـه بـه تخم‌هـای ریختـه شـده توسـط ماده‌هایـی کـه آن شـاخه‌ها شناسـایی کرده‌انـد منتقـل می‌شـوند.



پروانه‌ها و شاپرک‌ها

به همین ترتیب، بال‌ها هم برای بقای طولانی مدت ژن‌های سازنده‌ی بال خوب هستند. ژن‌های سازنده‌ی بال‌های خوب به دارندگان‌شان کمک می‌کنند تا آن‌ها را به نسل بعد و نسل بعدتر منتقل کنند، تا پس از نسل‌های بی‌شمار، حیواناتی را ببینیم که بسیار خوب پرواز می‌کنند. در همین اواخر

(با معیار زمانی فرگشت) مهندسان نحوه‌ی پرواز کردن را دوباره کشف کردند – مشابه نحوه‌ی پرواز حیوانات، که تعجب‌آور نیست چون فیزیک همان فیزیک است و پرندگان و خفاش‌های در حال فرگشت و طراحان هواپیمای امروزی با یک طبیعت دست و پنجه نرم می‌کنند. اما در حالیکه هواپیماها واقعا طراحی شده‌اند، پرندگان و خفاش‌ها، شاپرک‌ها و تروسوها هیچ‌گاه طراحی نشده‌اند بلکه توسط انتخاب طبیعی نیاکان‌شان شکل گرفته‌اند. آن‌ها به این دلیل خوب پرواز می‌کنند که در طول نسل‌های گذشته نیاکان‌شان کمی بهتر از رقبای خود پرواز می‌کردند. رقبایی که نیاکان نشدند و نتوانستند ژن‌های پرواز بدتر را منتقل کنند. من تمام این‌ها را در کتاب‌های دیگری کاملا توضیح داده‌ام ولی پاراگراف قبلی و این پاراگراف برای مقدمه‌ی توضیح جزئیات دلایل خوب بودن پرواز کفایت می‌کنند. و همان‌طور

که خواهیم دید این دلایل بسته به گونه‌های مختلف، متفاوت هستند.

بعضی از پرندگان مثل طاووس که پرواز کردن برایشان سخت است برای زمان کوتاهی بال‌هایشان را باز می‌کنند تا از شکارچیان فرار کنند. ماهی‌های پرنده هم همین کار را در دریا انجام می‌دهند. در این موارد پرواز می‌تواند مثل کمک کننده‌ی پرش در نظر گرفته شود. خیلی از پرندگان هم مانند پرندگان ضعیف‌پرواز مثل طاووس، از پرواز برای گریز از شکارچیان زمینی استفاده می‌کنند. البته که بعضی از شکارچیان زمینی نیستند: آن‌ها هم می‌توانند پرواز کنند. یک رقابت تسلیحاتی هوایی در طول دوران فرگشتی توسعه پیدا می‌کند. طعمه برای فرار از گرفته‌شدن سریع‌تر می‌شود و شکارچی هم در پاسخ سریع‌تر می‌شود. طعمه در مانور پیچ‌وتاب خوردن برای گریز فرگشت می‌یابد و در عوض شکارچی در حرکات متقابل فرگشت پیدا

می‌کنـد. یـک مثـال زیبـا مسـابقه‌ی تسـلیحاتی بیـن شـاپرک‌های شـب‌پر و خفاش‌هایی‌سـت کـه آن‌هـا را شـکار می‌کننـد.



خفاش خوش‌آشام

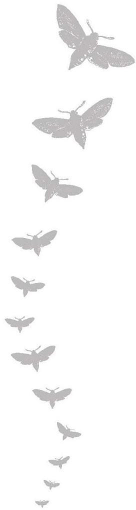
خفاش‌هـا بـرای پیـدا کـردن راه‌شـان در تاریکـی و پیـش رفتـن بـه سـمت طعمـه از حسـی اسـتفاده می‌کننـد کـه مـا بـه سـختی می‌توانیـم تصـور کنیـم. مغـز آن‌هـا پـژواک ضرباهنگ‌هـای صـدای مافـوق صوت‌شـان (کـه از بـازه شـنوایی مـا بالاتـر اسـت) را آنالیـز می‌کننـد. وقتـی خفـاش بـه محـدوده شـاپرکی می‌رسـد ضرباهنگ‌هـای صدایـی کـه شـبیه تیک...تیک...تیک‌هـای آرام بـود تبدیـل بـه راتاتاتاتاهـای سـریع می‌شـود و

در نهایـت بـه یـک بـررررررررررررررررر می‌رسـد. اگـر هـر یـک از ضرباهنگ‌هـای صـدا را به‌عنـوان نمونه‌گیـری از جهـان در نظـر بگیریـم، می‌توانیـم متوجـه شـویم کـه چـرا بیشـتر شـدن دفعـات نمونه‌گیـری می‌توانـد دقـت تعییـن محـل هـدف را بهبـود ببخشـد. فرگشـت در طـی میلیون‌ها سـال تکنولـوژی پـژواک خفاش‌هـا و نرم‌افـزار پیچیـده‌ی مغـز را کـه بـه آن کمـک می‌کـرد بی‌نقـص کـرد. در همیـن حیـن شـاپرک‌ها هـم از آن طـرف رقابـت تسـلیحاتی، فرگشـت‌های هوشـمند خودشـان را داشـتند. گوش‌هـای آن‌هـا طـوری فرگشـت یافت که گام فراصـوت صـدای خفاش‌هـا را بتوانند بشـنوند. تاکتیک‌هـای گریـز خـودکار و ناخودآگاهـی در آن‌هـا فرگشـت یافـت کـه هنـگام شـنیدن صـدای: جهـش، پـرش و این‌سـو و آن‌سـو رفتـن خفاش‌هـا اجـرا می‌شـدند. خفاش‌هـا هـم بـا فرگشـت واکنش‌هـای سـریع‌تر و فرزتـر پـرواز کـردن پاسـخ دادنـد. چیـزی کـه مـا در اوج ایـن رقابت تسـلیحاتی

می‌بینیم همانند رویارویی افسانه‌ای بین آتش‌بارها و هواپیماهای مِسِرشمیت در جنگ جهانی دوم است. این اتفاقات هیجان‌انگیز در شبی رخ می‌دهد که به نظر ما سکوت محض در آن حکم فرماست، زیرا گوش‌های ما برخلاف شاپرک‌ها صدای ضرباهنگ‌های مسلسل خفاش‌ها را نمی‌شنوند. گوش‌های شاپرک‌ها برای شنیدن صداهای کوتاه‌مدت وفق پیدا کرده‌اند. احتمالا خفاش‌ها دلیل اصلی گوش داشتن آن‌ها هستند.

شاید یکی از دلایل خزمانند بودن شاپرک‌ها هم برای محافظت در برابر خفاش‌ها باشد. مهندسان صدا برای پایین آوردن اکوی اتاق با موادی که مانند خز شاپرک‌ها خاصیت جذب صدا دارند دیوارها را می‌پوشانند. اما بعضی از شاپرک‌ها

حقه‌ی هوشمندانه‌تری هم دارند. بال‌هایشان با پوسته‌های شاخه‌ای کوچکی پوشیده شده است که برای هدایت امواج فراصوت وفق پیدا کرده‌اند تا مانند بمب‌افکن‌های رادارگریز «از رادار محو شوند». بعضی از شاپرک‌ها صداهای فراصوت ایجاد می‌کنند که احتمالا به‌عنوان پارازیت بر روی رادار (دقیق‌تر بگوییم ردیاب صوتی) خفاش‌ها عمل می‌کند. و چند گونه از شاپرک‌ها هم از فراصوت برای جفت جذبی استفاده می‌کنند.



شاپرک

پرندگانی که روی زمین به دنبال غذا می‌گردند برای رفتن از یک محیط جستجوی خالی به محیط جستجوی دیگر از پرواز استفاده می‌کنند. کرکس‌ها و پرندگان طعمه برای رسیدن به چشم‌انداز مشرف برای پیدا کردن غذا در یک محوطه‌ی بزرگ، از بال‌هایشان استفاده می‌کنند. کرکس‌ها به ارتفاع خیلی بالایی می‌روند. طعمه‌شان مرده است و

مجبور نیستند برای گرفتنش عجله کنند پس می‌توانند در ارتفاع خیلی بالا پرواز کنند و محوطه بزرگی را برای نشانه‌هایی از مثلا حیوان شکار شده توسط شیر بررسی کنند. بیشتر اوقات کرکس‌های دیگر خودشان جزئی از همان نشانه‌ها هستند. آن‌ها بعد از پیدا کردن مردار به سمت زمین پرواز می‌کنند. پرندگان شکاری‌ای مثل عقاب و شاهین که به دنبال طعمه‌ی زنده هستند، اغلب با سرعت بسیار زیاد و از ارتفاعات پایین‌تر طعمه را جستجو می‌کنند. خیلی از پرندگان ماهیگیر مانند پرستوهای دریایی و غازهای دریای شمالی با تکنیک مشابهی که به شیرجه‌ی ناگهانی معروف است طعمه‌ی خود را شکار می‌کنند.

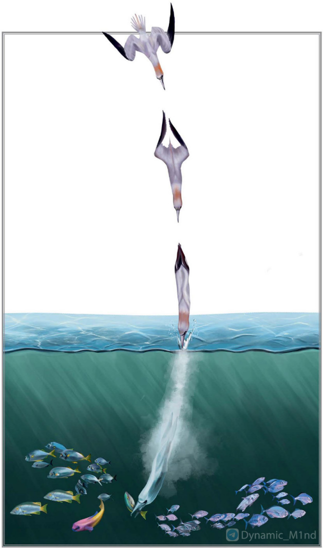
غازهای دریای شمالی مناطق وسیعی از آب‌های آزاد را برای پیدا کردن نشانه‌ای از گروه‌های ماهی‌ها، شاید یک تیرگی در سطح آب یا بودن پرندگان دیگر در یک منطقه، بررسی می‌کنند.

یورش بردن دسته‌ی انبوهی از غازهای دریای شمالی یا بوبی‌ها از ارتفاعی بالا و بمباران کردن دسته‌ای بزرگ از ماهی‌ها با سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت، یکی از بزرگترین مناظری است که حیات به ارمغان آورده است. حملات رعدآسا و بی‌امان آن‌ها یکی دیگر از تصاویر جنگ جهانی دوم را به یاد می‌آورد، بمب‌افکن‌های شیرجه‌ای اشتوکا با «بوق‌های جریکو»ی جیغ‌زننده‌شان یا هواپیماهای کامی‌کازی ژاپنی؛ با این تفاوت که بوبی‌ها و غازهای دریای شمالی شتابان به سوی مرگ نمی‌رفتند. شیرجه‌ی اشتباه در مواردی می‌تواند باعث شکستن گردن‌شان بشود و در طول زمان این شیرجه‌های ناگهانی آسیب پیشرونده‌ای به چشم‌هایشان می‌زند: ممکن است عمر یک بوبی با داشتن چشم ضعیف به پایان خود برسد. ممکن است بگویید که آن‌ها با شیرجه زدن عمر خود را کوتاه می‌کنند اما آن‌ها با شیرجه نزدن عمر

خود را کوتاه‌تر می‌کنند، چون ممکن است از گرسنگی بمیرند. غازهای دریای شمالی آنقدر در شیرجه زدن تخصص دارند که اگر این مهارت را از دست بدهند نمی‌توانند با پرندگانی مثل مرغ‌های دریایی جستجوگر سطح آب رقابت کنند.

در اینجا درس جالبی از نظریه‌ی فرگشت هست که در قسمت‌های مختلف کتاب به آن بر خواهیم خورد: درس میان‌گیری. انتخاب طبیعی داروین شاید طول عمر یک حیوان پیر را کوتاه کند اما با انجام این کار شانس موفقیت در تولید مثل در جوانی را افزایش می‌دهد. همان‌طور که دیدیم «موفقیت» در زبان داروینی دقیقا به معنای ایجاد کپی‌های بسیاری از ژن‌های خود قبل از مرگ

است. ژن‌هایی که غاز را در جوانی تحریک به ماهیگیری پربازده‌تری می‌کنند حتی اگر مرگ پرنده را در زمان پیری تسریع کنند در منتقل شدن به نسل بعد موفق می‌شوند. این نوع از استدلال به ما کمک می‌کند تا متوجه شویم چرا ما هم پیر می‌شویم، حتی با اینکه برای گرفتن ماهی شیرجه‌های ناگهانی نمی‌زنیم. ما ژن‌های نیاکانی را به ارث برده‌ایم که در «جوان بودن» خوب بودند. نیازی نبود تا آن‌ها در پیر بودن خوب باشند: اکثر آن‌ها تا آن موقع تولید مثل‌شان را انجام داده بودند.



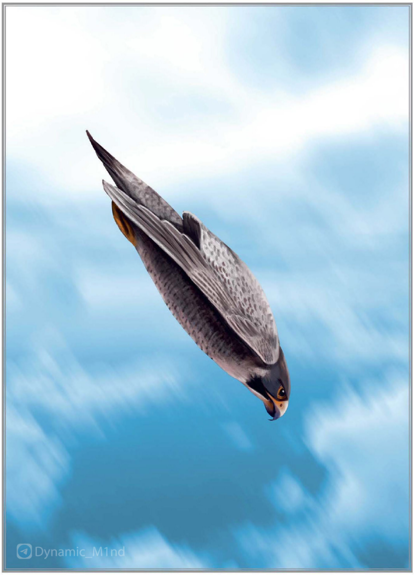
اشتوکاهای شیرجه‌زن دنیای پرندگان

غازهای دریای شمالی و بوبی‌ها ماهیگیران ماهر هوا هستند. در اینجا تنها یک غاز نشان داده شده است، اما دیدن دسته‌ای بزرگ از شیرجه‌زنان در کنار یکدیگر منظره‌ای است که هرگز فراموش نمی‌شود.

غازها سریع‌اند، اما قهرمانان بمب‌افکن‌های شیرجه‌زن شاهین‌ها هستند که پرندگان در حال پرواز را شکار می‌کنند. شیرجه‌ی شاهین‌های

بحـری می‌توانـد بـه سـرعت حیرت‌انگیـز ۳۲۰ کیلومتـر در سـاعت برسـد. بهتریـن فـرم بـرای شـیرجه زدن در هـوا بـا سـرعت ۳۲۰ کیلومتـر در سـاعت تفـاوت بسـیاری بـا بهتریـن فـرم پـرواز یکنواخـت بـرای جسـتجوی طعمـه دارد. شـاهین بحـری در زمـان شـیرجه رفتـن بال‌هایـش راماننـد بال‌هـای متحـرک جـت جنگـی جمـع می‌کنـد. پـرواز بـا چنیـن سـرعت‌های فوق‌العـاده‌ای مسـائل و خطراتـی را هـم ایجـاد می‌کنـد. آن‌هـا بـدون منخزیـن تغییـر یافتـه‌ی مخصوص‌شـان (کـه بخشـی از طرح‌شـان در موتورهـای جـت هواپیماهـای خیلـی سـریع کپی‌بـرداری شـده اسـت) نمی‌تواننـد تنفـس کننـد. اگـر در چنیـن سـرعت گردن‌شـکنی یـک برخـورد اشـتباه صـورت گیـرد می‌توانـد بـه معنـای واقعـی کلمـه گـردن پرنـده را بشـکند. درسـت مثـل غازهـا، بـدون شـک هزینه–فایده‌هایـی بیـن سـودهای کوتاه‌مـدت در تولیـد مثـل موفـق و ریسـک کوتـاه شـدن عمـر

وجـود دارد.



اوج یک مسابقه‌ی تسلیحاتی فرگشتی

شاهین‌های بحری می‌توانند با سرعت ۳۲۰ کیلومتر در ساعت به سمت طعمه پرنده (طرف دیگر مسابقه تسلیحاتی) شیرجه بزنند.

پـرواز کـردن بـرای چـه چیـز دیگـری خـوب اسـت؟ لبه‌هـای صخره‌هـا بـرای سـاختن آشـیانه عالـی

هستند و در برابر شکارچیان زمینی مثل روباه‌ها امن هستند. گاکی‌های کوچک نوعی مرغ دریایی هستند که متخصص ساختن لانه‌هایی دست‌نیافتنی در لبه‌های صخره‌ها هستند به‌طوری که حمله‌ی شکارچیان – حتی پرندگان پروازی دیگر – به لانه‌ها دشوار است. بسیاری از پرندگان روی درختان به دنبال جای امنی برای آشیانه‌هایشان می‌گردند. بال‌ها راه فوق‌العاده سریعی برای بالا رفتن از درخت و حمل علف و دیگر مصالح آشیانه، و بعدتر، غذا بردن برای جوجه‌ها را فراهم می‌کنند. بسیاری از درختان میوه می‌دهند: غذایی برای توکان‌ها، طوطی‌ها، بسیاری از پرندگان دیگر و گونه‌های بزرگی از خفاش‌ها. مطمئنا میمون‌ها و کپی‌ها هم با بالا رفتن از درختان میوه‌هایشان را می‌خورند اما حتی عضلانی‌ترین میمون یا کپی در مسابقه با یک پرنده حریفی به حساب نمی‌آید. گیبون‌ها ورزیده‌ترین درخت‌نوردان

هستند. آن‌ها تکنیکی به نام بازوپیمایی را بلدند که تقریبا مثل پرواز کردن است. بازوپیمایی یعنی تاب خوردن بین درختان با استفاده از دست‌های بلند طوری که انگار پاهایی در حال دویدن وارونه در هوا هستند. یک گیبون در حال پرواز– من در اینجا از این کلمه تقریبا به معنای واقعی‌اش استفاده می‌کنم – با سرعت حیرت‌آوری در میان شاخ و برگ درختان شتابان جابجا می‌شود و خود را از شاخه‌ای به شاخه‌ی دیگر که ممکن است تا چندین متر دورتر باشد پرتاب می‌کند. او به معنای دقیق پرواز نمی‌کند اما تقریبا همان کار را انجام می‌دهد. احتمالا نیاکان ما هم زمانی بازوپیمایی می‌کردند اما مطمئنم که نمی‌توانستند با سرعت گیبون‌ها این کار را انجام دهند.

گل‌ها شهد تولید می‌کنند که سوخت اصلی هوانوردی مرغ‌های مگس‌خوار و مرغ‌های

عسل‌خوار، پروانه‌ها و زنبورها است. زنبورها برای غذا به لاروهایشان گرده می‌دهند که آن‌ها را هم از گل‌ها جمع‌آوری می‌کنند. تمام تیره‌ی زنبورها، در بین رده‌ی وسیع‌تری از حشرات، به گیاهان گل‌دار وابسته هستند و حدود ۱۳۰ میلیون سال پیش در دوره‌ی کرتاسه، باهم فرگشت یافته‌اند («هم‌فرگشتی»). چه راهی بهتر از پرواز کردن برای جابجایی سریع از یک گل به گلی دیگر؟

بیشتر حشرات پرواز می‌کنند و شکار آن‌ها در حال پرواز به هنر زیبایی برای پرستوها، بادقپک‌ها، مرغ‌های مگس‌گیر و گونه‌های کوچک‌تر خفاش‌ها بدل شده است. سنجاقک‌ها هم آن‌ها را در حال پرواز که با استفاده از چشم‌های بزرگ‌شان شناسایی کرده‌اند شکار می‌کنند.

بادقپک‌ها متخصصان خوردن حشرات هستند و کاملا در حالت پرواز آن‌ها را شکار

می‌کنند. آن‌ها به قدری در هوا زندگی کرده‌اند که تقریبا هیچ‌گاه پا روی زمین نمی‌گذارند. آن‌ها حتی قابلیت شاهکارانه و سخت جفتگیری کردن در هوا را کسب کرده‌اند. همان‌طور که لاک پشت‌ها برای زندگی درآب، خشکی را رها کردند، نیاکان بادقپک‌ها برای زندگی در هوا، زمین را رها کردند. هر دو این حیوانات فقط برای تخم‌گذاری به زمین و خشکی بازگشتند. در مورد بادقپک‌ها، این بازگشت برای خوابیدن روی تخم‌ها و غذا دادن به جوجه‌ها هم بود. این احساس به آدم دست می‌دهد که اگر تخم‌گذاری روی بال‌ها امکان پذیر بود، بادقپک‌ها این کار را انجام می‌دادند؛ همان‌طور که وال‌ها بهتر از لاک‌پشت‌ها توانستند تخم‌گذاری کنند و هیچ‌گاه به خشکی بازنگشتند.



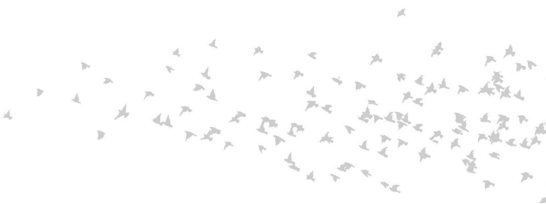
زندگی روی بال

بادقپک‌ها زندگی با بال را به حد نهایی رسانده‌اند. آن‌ها حتی بدون فرود جفتگیری می‌کنند. آیا راه رفتن در زمین همان‌قدر برای آن‌ها بیگانه است که شنا کردن در زیر آب برای ما حسی بیگانه دارد؟

بادقپک‌ها بسیار سریع هستند و به ما یادآوری می‌کنند که سرعت بالای مسافرتْ مزیت بزرگ پرواز کردن است. یک قرن پیش، پیمودن اقیانوس اطلس برای کشتی‌های

اقیانوس‌پیماهای بزرگ روزها طول می‌کشید. امروز ما در عرض چند ساعت از روی این مسیر پرواز می‌کنیم. این تفاوت در اصل به بیشتر بودن اصطکاک آب در مقایسه با هوا بر می‌گردد. حتی اصطکاک هوا بستگی به ارتفاع دارد. هر چقدر یک هواپیما در ارتفاع بالاتری پرواز کند نیروی پسای هوای رقیق‌تر هم کمتر می‌شود، به همین دلیل است که هواپیماهای مدرن در ارتفاع بالا پرواز می‌کنند. چرا در ارتفاع بالاتری پرواز نمی‌کنند؟ به یک دلیل، اکسیژن کافی مورد نیاز موتور برای احتراق سوخت در ارتفاع بالاتر وجود ندارد. پیشرانه‌های موشک طوری طراحی شده‌اند تا با حمل اکسیژن، بیرون از اتمسفر زمین هم کار کنند. چیزهای دیگری هم در طراحی هواپیماهایی که در ارتفاع‌های بسیار بالا پرواز می‌کنند تاثیرگذار هستند. همان‌طور که در فصل ۸ خواهیم دید، آن‌ها برای به دست آوردن نیروی بالابرنده

بـه هـوا نیـاز دارنـد و در ارتفاعـات خیلـی بـالا هـوا آنقـدر رقیـق اسـت کـه بـرای بـه دسـت آوردن نیـروی بالابرنـده بایـد سـریع‌تر پـرواز کننـد. هواپیماهایـی کـه بـرای ارتفاعـات پاییـن طراحـی شـده‌اند در ارتفاعـات بـالا عملکـرد خوبـی ندارنـد و برعکـس. موشـک‌ها بـرای بـالا رفتـن بـه هـوا و بـال نیـاز ندارنـد. موتورهایشـان آن‌هـا را در جهـت خـلاف گرانـش بـه پیـش می‌برنـد. و زمانـی کـه سـرعت مـداری را بـه دسـت آوردنـد، می‌تواننـد خامـوش شـوند و در حالـی در بی‌وزنـی در فضـا شـناور شـوند کـه بـا سـرعت بسـیار زیـادی مسـیر خـود را می پیما ینـد.



پرندگان در حال پرواز

بچـه کـه بـودم نگـران از کار افتـادن موتورهـای

موشک‌ها در فضا به دلیل نبودن هوا بودم. چون هوایی در فضا نبود که موشک‌ها «آن را تکیه‌گاه پیش‌رانی خود کنند». به دلایلی که خواهم گفت من اشتباه می‌کردم و «تکیه‌گاه پیش‌رانی شدن» ربطی به مسئله نداشت. اما اول دو مثال از تشابهات واقع‌گرایانه بزنم. وقتی یک توپ جنگی بزرگ شلیک می‌کند لگد بزرگی ایجاد می‌شود. گلوله که شلیک می‌شود، توپ جنگی هم به عقب تاب می‌خورد. کسی فکر نمی‌کند که لگد توپ به دلیل «پیش‌رانی» گلوله در هوای جلوی توپ ایجاد شده است. چیزی که واقعا اتفاق می‌افتد این است. انفجاری در داخل فشنگ گلوله‌ی توپ ایجاد می‌شود. گاز به شدت به تمام جهات فشار وارد می‌کند. نیروهای کناری همدیگر را خنثی می‌کنند و نیروی پیش‌ران، گلوله را در مواجهه با نیروی مقاومت کمی، از لوله به بیرون پرتاب می‌کند. نیروی پس‌ران به توپ فشار وارد کرده

و آن را بـه عقـب تـاب می‌دهـد. همیـن پـس رفتـن می‌توانـد سـورتمه را روی یـخ بـه سـمت جلـو بـه حرکـت درآورد. یـک تفنـگ را برخـلاف جهتـی کـه می‌خواهـی بـروی شـلیک کـن. اگـر بـه علـم فیزیـک علاقـه داشـته باشـی می‌دانـی کـه چیـزی کـه در اینجـا اتفـاق می‌افتـد قانـون سـوم نیوتـون اسـت: «هـر عملـی را عکس‌العملـی اسـت؛ مسـاوی آن و در خـلاف جهـت آن». حرکـت سـورتمه بـه دلیـل پیش‌رانـی گلوله‌هـا بـر خـلاف هـوا نیسـت ، حتـی در خـلاء می‌تـوان بـا سـورتمه‌ی خـود سـریع‌تر هـم حرکـت کـرد. همیـن بـرای موتـور پیـش‌ران موشـک در خـلاء هـم صـدق می‌کنـد.

در حالیکـه زمیـن بـه دور خورشـید می‌چرخـد، انحـراف محـور زمیـن بـه معنـای وجـود فصل‌هـای متغیـر اسـت. ایـن یعنـی بهتریـن مـکان بـرای زندگـی کـردن، غـذا خـوردن یـا زادوولـد هـر مـاه تغییـر می‌کنـد. بـرای بسـیاری از حیوانـات هزینـه‌ی جابجایـی در فواصـل طولانـی بـه خاطـر مزیـت

پیدا کردن آب‌وهوای بهتر و تمام پیامدهای آن ارزشمند است. و البته «بهتر بودن» آب‌وهوا شاید چیزی نباشد که ما انسان‌ها درباره‌ی آن فکر می‌کنیم: آب‌وهوایی که برای تعطیلات تابستانی خوب است. وال‌ها از آب‌های گرم و مطلوب برای جفتگیری به آب‌های سردتری مهاجرت می‌کنند که در آن‌ها جریان‌های آبی غنی از مواد معدنی فرازجوشی وجود دارند که برای تغذیه‌ی زنجیره‌ی غذایی به آن وابسته هستند. بال‌ها برای پرندگان سفر کردن در مسیرهای بسیار طولانی را ممکن می‌کنند. بسیاری از گونه‌های پرندگان مهاجرت می‌کنند اما رکورد مسافت طی شده در دستان پرستوهای دریایی شمالگان است که هر ساله از مدار شمالگان در جایی که زادوولد می‌کنند، به مدار جنوبگان در فاصله‌ی – ۱۹,۳۰۰ کیلومتری – پرواز می‌کنند. این سفر تنها دو ماه طول می‌کشد. طی کردن مسیرهایی بهت‌آور و به

این گستردگی و در چنین زمان کوتاهی تنها از طریق هوا ممکن است. پرستوهای قطبی هر سال دو تابستان را دیده و هیچ زمستانی را نمی‌بینند. این مثال استثنایی سرنخ دلیل مهاجرت بسیاری از حیوانات را به ما می‌دهد.

نه تنها پرندگان بلکه بسیاری از حیوانات مهاجر، جابجایی فوق‌العاده دقیق و پایداری برجسته‌ای را به نمایش می‌گذارند. پرستوهای اروپایی زمستان را در آفریقا می‌گذرانند و سپس در تابستان بعدی به نقطه‌ی آشنایی بازمی‌گردند؛ آشیانه خودشان - شاهکاری حیرت‌انگیز از جابجایی دقیق. چگونگی انجام این کار توسط پرندگان رازی بود که برای مدت‌ها باقی مانده بود و اکنون در فرایند فاش شدن است. پرنده‌شناسان هر کدام از پرندگان را با نوارهای کوچکی علامت‌گذاری کرده و برای ردیابی تحرکات‌شان به آن‌ها فرستنده‌های کوچک جی‌پی‌اس وصل می‌کنند. حتی از رادار برای

دنبال کردن مسیر دسته‌های بزرگ پرنده‌های مهاجر استفاده شده است. ما فهمیده‌ایم که پرنده‌ها از تکنیک‌های جابجایی مختلفی استفاده می‌کنند و تلفیق روش‌های مختلف توسط گونه‌های مختلف و در مراحل مختلف فرایند مهاجرت انتخاب می‌شوند.

بخشی از داستان به نمادهای آشنا برمی‌گردد؛ قطعا در مراحل پایانی سفر و زمانی که پرندگان مهاجر به آشیانه‌های سال قبل‌شان برمی‌گردند. اما مشخص شده که پرندگان در مسیر سفر طولانی‌شان هم رودخانه‌ها، خطوط ساحلی یا رشته کوه‌ها را دنبال می‌کنند. در بسیاری از گونه‌ها، پرندگان جوان در اولین مهاجرت‌شان نیازمند همراهی پرنده‌های بزرگ‌تر و باتجربه‌تری هستند که مکان‌ها را می‌شناسند. به جز نمادها، پرندگان اغلب با قطب‌نماهای درونی‌شان راهنمایی می‌شوند. اکنون ثابت شده است که بعضی

از گونه‌های پرندگان به میدان مغناطیسی زمین حساس هستند. همیشه روشن نیست که آن‌ها چگونه مسیرهای قطب‌نما را دیده یا احساس می‌کنند، اما نشان داده شده که آن‌ها می‌توانند این کار را انجام دهند و «دیدن» احتمالا فعل مناسبی برای استفاده در تئوری برجسته‌ی این مکانیزم است. هر چه که هست، در چشم‌ها قرار دارد.



مهاجر رکورددار طول مسافت

در حال مهاجرت از قطبی به قطب دیگر، پرستوی دریایی شمالگان هرگز زمستانی نمی‌بیند – فقط تابستان‌های قطبی با فاصله تقریبا ۱۹۵,۰۰۰ کیلومتری از هم را تجربه می‌کند.



«تمام خواسته‌ام یک کشتی بزرگ و ستاره‌ای برای هدایتش است»

خطی فرضی به سمت بالا و از بین دو ستاره‌ای که در دورترین فاصله قرار دارند بکشید. این خط را ادامه دهید تا به اولین ستاره‌ی درخشان برسید که همان ستاره قطبی است.

مدت زیادی است که مشخص شده است پرندگان مهاجر (در کنار حشرات و دیگر حیوانات) از خورشید هم به‌عنوان قطب‌نما استفاده

می‌کننـــد. البتــه کــه خورشــید موقعیــت خــود در آســمان را از مشــرق در صبــح بــه مغـرب در غـروب و از مســیر جنــوب (یــا اگــر در نیم‌کــره جنوبــی باشــید از شــمال) تغییــر می‌دهــد. ایــن یعنــی پرنــده‌ی در حــال مهاجــرت تنهــا اگــر از زمــان روز آگاهــی داشــته باشــد می‌توانــد از خورشــید به‌عنــوان قطب‌نمــا اســتفاده کنــد. تمــام حیوانــات ســاعت زیســتی دارنــد. قطعــا هــر ســلول هــم ســاعت زیســتی خــود را دارد. ســاعت زیســتی مــا خواســتن انجــام کارهــای مشــخص یــا در ســاعات معینــی از روز و شــب، گرســنه شــدن و خوابالــو شــدن‌مان را موجــب می‌شــود. محققــان در یــک آزمایــش افــرادی را در پناهگاه‌هــای زیرزمینــی بــدون ارتبــاط بــا دنیــای بیــرون قــرار دادنــد. آن‌هــا تمــام کارهــای روزمره‌شــان، خوابیــدن و بیــدار شــدن، روشــن کــردن و خامــوش کــردن چــراغ، غــذا خــوردن و غیــره را در ریتــم ۲۴ ســاعته انجــام دادنــد. همان‌طــور کــه انتظــار مــی‌رود ایــن ریتــم دقیقــا ۲۴ ســاعته نبــود

– شاید مثلا ۱۰ دقیقه بیشتر بود – پس کم‌کم از جهان بیرونی منحرف می‌شد. به همین دلیل هم روی ساعت زیستی‌مان نام «ساعت زیستی» به جای «ساعت روز» گذاشته شده است. در شرایط عادی ساعت زیستی با دیده شدن خورشید ری‌استارت می‌شود. پرندگان مهاجر هم مانند تمام حیوانات با چنین ساعتی که برای استفاده از خورشید به‌عنوان قطب‌نما به آن نیاز دارند تجهیز شده‌اند.

بعضی از پرندگان مهاجر در شب پرواز می‌کنند. پس نمی‌توانند از خورشید استفاده کنند اما در عوض از ستاره‌ها استفاده می‌کنند. بیشتر مردم می‌دانند که یک ستاره‌ی خاص به نام ستاره قطبی، صرف‌نظر از چرخش زمین، تقریبا بالای قطب شمال ما قرار دارد. به همین دلیل در نیم‌کره شمالی می‌توان از ستاره‌ی قطبی به‌عنوان قطب‌نما استفاده کرد. ولی چطور می‌توان ستاره قطبی را از بین تمام

ستارگان پیدا کرد؟ وقتی من و خواهرم کوچک بودیم پدرمان چیزهای مفید زیادی یادمان داد. یکی از آن‌ها نحوه پیدا کردن ستاره قطبی از دب اکبر (بخشی از صورت فلکی هفت اورنگ مهین یا خرس بزرگ) که به راحتی قابل شناسایی است بود. از دسته‌ی دب اکبر («نشانگرها») خطی فرضی به سمت بالا و از بین دو ستاره‌ای که در دورترین فاصله قرار دارند بکشید. این خط را ادامه دهید تا به اولین ستاره‌ی درخشان برسید. این ستاره قطبی است و در شب می‌توان برای هدایت از آن استفاده کرد. اگر در نیم‌کره شمالی باشید این گونه است اما اگر مثل پلینزی‌ها، بین جزایر دورافتاده‌ی اقیانوس آرام در رفت و آمد باشید، در نیم‌کره جنوبی قرار دارید و باید کمی کارآزموده باشید: هیچ ستاره‌ی درخشانی بالای قطب جنوب وجود ندارد و صورت فلکی صلیب جنوبی هم به اندازه‌ی کافی به قطب جنوب نزدیک

نیست. به این مشکل برخواهیم گشت.

حتی در نیم‌کره شمالی، جایی که ستاره‌ی قطبی با مهربانی در دسترس است، چطور پرندگان شب‌پرواز می‌دانند کدام ستاره را باید دنبال کنند؟ از نظر تئوری آن‌ها می‌توانند یک نقشه‌ی ستاره‌ای در ژن‌هایشان را به ارث برده باشند اما این کمی بعید به نظر می‌رسد. به دلیل رشته آزمایشات فوق‌العاده‌ای که در یک رصدخانه توسط استیون اِملِن از دانشگاه کرنل انجام شده‌اند، راه محتمل‌تر دیگری وجود دارد که می‌دانیم درباره‌ی زردپره‌های نیلی آمریکای شمالی حقیقت دارد.

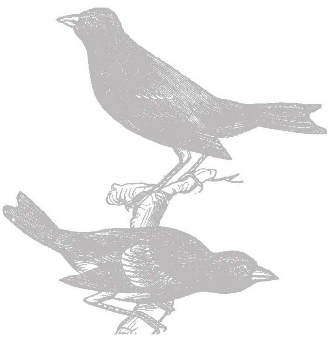
زردپره‌های نیلی موجودات آبی رنگ زیبایی هستند و می‌توانند به درستی «پرندگان آبی» نام گیرند، برعکس تمام موجوداتی که ما در بریتانیا داریم – علی‌رغم اشاره‌ی

مرموز به «پرندگان آبی» در آهنگ «باغچه‌ی روستایی انگلیسی» با ملودی رقصاننده و شادی‌بخش که توسط آهنگساز استرالیایی پرسی گرینجر تنظیم شده است. (اتفاقا پرندگان آبی زیبایی در استرالیا زندگی می‌کنند). در بخشی از آهنگ میهن‌پرستانه‌ای هم که مربوط به زمان جنگ است این عبارت شنیده می‌شود: «پرندگان آبی بر بالای صخره‌های سفید دووِر خواهند بود». زیباتر بود اگر این عبارت اشاره‌ای شاعرانه به یونیفرم‌های آبی رنگ نیروی هوایی سلطنتی می‌بود – the few – اما احتمالا شاعر آمریکایی نمی‌دانست که هیچ پرنده‌ی آبی‌ای در بریتانیا وجود ندارد یا شاید «ضرورت شعری» بوده است – که هیچ عیبی

هم ندارد!

زردپره‌های نیلی در مسافت‌های طولانی مهاجرت می‌کنند و در شب پرواز می‌کنند. زردپره‌های نیلی در قفس در طول فصل مهاجرت، خود را با تب و تاب به میله‌هایی که در سمت مسیر مهاجرت‌شان قرار دارند می‌زنند. دکتر املن با استفاده از قفس دایره‌ای شکل خاصی، روشی ابداع کرد که این خواسته‌ی بی‌نتیجه مانده را اندازه‌گیری کند. قسمت پایینی قفس به شکل مخروط بود، قیفی که با کاغذ سفید پوشیده شده بود و در پایین قیف مرکب‌زنی قرار داشت که پرنده‌ها اغلب روی آن می‌نشستند. پرنده‌ها به سمت بالای مخروط که بال می‌زدند، ردپاهای جوهریشان بر روی کاغذ مسیر مورد نظرشان را ثبت می‌کرد. از آن موقع به بعد این ساز و کار توسط محققان دیگر روی پرندگان مهاجر استفاده شد و به اسم «قیف

املن» شهرت یافت. بیشتر زردپره‌های نیلی در پاییز، مسیر جنوب را برگزیدند که مطابق با مهاجرت عادی‌شان به سرزمین‌های زمستانی خود در مکزیک و کارائیب بود. آن‌ها در فصل بهار نزدیک به شمال قیف املن بال می‌زدند که مطابق با سفر بازگشتی معمول‌شان به کانادا و آمریکای شمالی بود.



زردپره نیلی



باثبات مثل ستاره شمالی؟

ردپای جوهری زردپره‌ی نیلی در کنار قیف املن نشان دهنده‌ی جهتی است که در آن «می‌خواهد» مهاجرت کند (نه در مقیاس تصویر شده).

املن خوش‌اقبال بود که توانسته بود یک رصدخانه را به امانت بگیرد و قفس قیفی خود را درونش بگذارد. او رشته آزمایشات فوق‌العاده‌ای را انجام داد که در آن‌ها نقشه‌ی ستاره‌ای مصنوعی را دستکاری می‌کرد، بخش‌هایی از آسمان مصنوعی را پاک می‌کرد و از این گونه کارها انجام می‌داد. با این روش او توانست ثابت کند که زردپره‌های نیلی قطعا

از ستاره‌ها، مخصوصا ستاره‌های نزدیک به قطب شمال، آن‌هایی که در صورت‌های فلکی مانند دب اکبر، قیفاووس و ذات الکرسی برای راهنمایی استفاده می‌کردند (یادمان باشد که آن‌ها پرندگان نیم‌کره شمالی هستند). احتمالا جالب‌ترین آزمایش او آزمایشی بود که در آن املن این سوال را مطرح کرد: «چطور پرندگان می‌دانند که از کدام ستاره‌ها برای رفت و آمد استفاده کنند؟» او به جای آنکه جذب نقشه‌ی ستاره‌ای ژنتیکی شود، فرضیه‌اش این بود که پرندگان جوان، قبل از مهاجرت به آسمان شب در حال چرخش نگاه می‌کنند و یاد می‌گیرند که قسمت‌های مشخصی وجود دارند که به ندرت می‌چرخند چون ستاره‌هایشان به مرکز چرخش نزدیک هستند. این روش حتی اگر ستاره‌ی قطبی هم وجود نداشته باشد کار می‌کند: هنوز هم از بخشی از آسمان که نمی‌چرخد می‌توان تشخیص داد که شمال

آنجاست یا جنوب؛ اگر پرنده‌ی نیم‌کره جنوبی باشد.

املن این ایده را با مبتکرانه‌ترین آزمایش سنجید. او جوجه‌ها را خودش پرورش داد و آن‌ها را در معرض ستاره‌های رصدخانه بزرگ کرد. بعضی از پرنده‌ها با آسمان شب رصدخانه که نزدیک ستاره‌ی قطبی می‌چرخیدند آشنا شدند و در پاییز که در قفس قیفی قرار داده شدند مسیر مهاجرت معمول را انتخاب کردند. اما گروه دیگری از پرندگان در شرایط متفاوتی رشد کرده بودند. با اینکه ستاره‌های رصدخانه تنها ستاره‌هایی بودند که در دوران رشد دیده بودند، اما املن رصدخانه را طوری دستکاری کرده بود که آسمان شب به جای ستاره‌ی قطبی، در اطراف ستاره‌ی آلفا جبار (اگر در نیم‌کره شمالی زندگی می‌کنید می‌توانید آن را در شانه‌ی چپ صورت فلکی شکارچی ببینید یا پای راستش اگر در نیم‌کره جنوبی زندگی

می‌کنید) می‌چرخید. زمانی که این پرندگان برای آزمایش در قفس قیفی قرار گرفتند چه کردند؟ گزارش شگفت‌آور این بود که آن‌ها آلفاجبار را مبنای شمال قرار داده و از آن برای رفتن به مسیر اشتباهی استفاده کردند.

اما نیاز است که بین «نقشه» و «قطب‌نما» تمایز قائل شویم. مثلا برای پرواز کردن به جنوب شرقی فقط به قطب‌نما نیاز است. اما برای کبوترهای خانگی قطب‌نما کافی نیست. کبوترها به «نقشه» هم نیاز دارند. اگر آن‌ها را در یک سبد گذاشته و به نقطه دوری ببرید و آزاد کنید، خیلی زودتر به خانه برمی‌گردند. آزمایشگران فقط سالم به خانه رسیدن پرندگان را ثبت نمی‌کنند، در بسیاری از موارد بعد از رها کردن پرنده، با دوربین شکاری مسیر پروازش را دنبال می‌کنند. در اغلب موارد کبوترها با اینکه آن‌قدر از خانه دور هستند که نمی‌توانند از نشانه‌های آشنا استفاده کنند، معمولا در

مسیر خانه پرواز می‌کنند.

ارتش‌ها قبل از اختراع رادیو از کبوترهای نامه‌بر برای فرستادن پیام به مرکز فرماندهی استفاده می‌کردند. در جنگ جهانی اول ارتش بریتانیا از یک اتوبوس لندنی تغییر یافته به‌عنوان کبوترخانه استفاده کرد. آلمان‌ها در جنگ جهانی دوم از شاهین‌های تربیت شده برای جلوگیری از کبوترهای نامه‌بر بریتانیا استفاده کردند. ماموران ویژه‌ی بریتانیایی هم برای کشتن این شاهین‌ها مجوز گرفتند و این شروع یک رقابت تسلیحاتی پرنده‌شناسانه شد.

یک قطب‌نما هرچقدر هم که دقیق باشد برای کبوترهای خانگی کافی نیست. کبوتر قبل از اینکه بخواهد از قطب‌نما استفاده کند باید بداند کجاست. فقط هم کبوترها نیستند: هر پرنده‌ی مهاجری که در مسافت طولانی سفر می‌کند هم احتمالا برای منحرف

نشدن از مسیر به نقشه نیاز دارد. آزمایشگرها در آزمایش‌هایی، پرندگان مهاجر را از مسیرشان منحرف کردند – آن‌ها را در حین مهاجرت گرفته و در مکان دیگری، به‌طور مثال ۱۸۰ کیلومتر شرقی، رها کردند. به جای ادامه دادن از مسیری که آن‌ها را به ۱۸۰ کیلومتری شرق مقصدشان می‌رساند، آن‌ها توانستند به مقصدشان برسند. احتمالا جلوگیری از انحراف مسیر از ابتدا و مدت‌ها قبل‌تر از اختراع سبد و ماشین یا قطار برای جابجا کردن‌شان در کبوترهای خانگی فرگشت پیدا کرده باشد.





«من می‌دانم کجا هستم، و می‌دانم به کجا می‌روم»

کبوترهای خانگی به نقشه و همچنین قطب‌نما نیاز دارند.

تئوری‌های متفاوتی برای «نقشه‌های» پرنده‌ها ارائه شده است. بدون شک پرندگان باتجربه از نشانه‌های آشنا استفاده می‌کنند. شواهدی از مهم بودن رایحه‌ها در مسیریابی داریم، که احتمال می‌دهم بتوان آن را نوع خاصی از نشانه نامید. یک احتمال نظری مسیریابی درونی است که احتمالا غیرعملی‌ست. حتی اگر با چشمان بسته در ماشین بنشینی می‌توانی

شتاب و کاهش سرعت (اما همان‌طور که اینشتین به ما یادآوری کرد حرکت یکنواخت را نه) و تغییر مسیرها را متوجه شوی. از دید تئوری، کبوتری که هنگام جابجایی با ماشین در سبدی تاریک نشسته است می‌تواند سرعت‌گیری، کاهش سرعت و تمام تغییر مسیرها از خانه تا محلی که رها می‌شود را متوجه شود و نسبت مکانی که در آن رها شده را با خانه محاسبه کند.

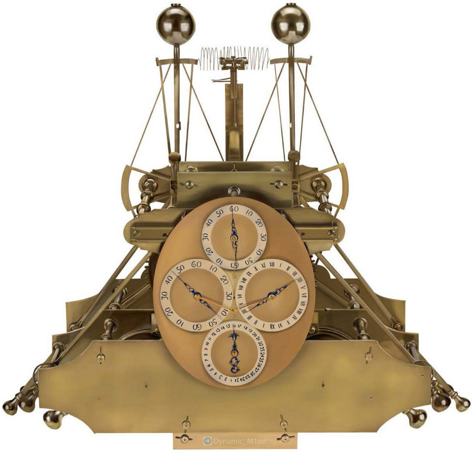
پژوهشگری به نام جفری متیوز تئوری مسیریابی اینرسی را امتحان کرد. او کبوترهایش را در بشکه‌ی استوانه‌ای‌شکل ضدنوری که دائم در حال چرخش بود گذاشت و از خانه تا مکان مورد نظرش رانندگی کرد. حتی بعد از این آزمایش بی‌رحمانه هم موجودات بیچاره توانستند به خانه بازگردند. این آزمایش تئوری مسیریابی اینرسی را غیرمحتمل می‌کند. در اینجا مایلم اشتباهی را تصحیح کنم. در

یک کتاب معروف ادعا شده است که این دستگاه آزمایشی، دستگاهی بوده که در پشت کامیون‌های بتن‌ساز دیده می‌شود. این ادعا تصویری از نحوه‌ی کارکرد دستگاه به ما ارائه می‌دهد و با شوخ‌طبعی دکتر متیوز هم سازگار است اما ادعای درستی نیست.



آیا ملوانان فناوری پرندگان را دوباره کشف کردند؟

آیا کبوترهای خانگی می‌توانند از چیزی معادل زاویه‌یاب دریایی استفاده کنند؟ ایده‌ی احمقانه‌ای نیست اما به شواهد بیشتری نیاز دارد.



زمان‌سنج دریایی بهبود یافته‌ی هریسن

پیچیدگی ظریف و قطعات دقیق؛ هر پیشرفت کوچکی چند مایل خطای بالقوه کشنده در ناوبری را اصلاح می‌کند. پرندگان مهاجر به چنین دقت مشابهی نیاز ندارند.
(کشتی‌ها غرق نمی‌شوند)، اما به هر حال چگونه این کار را انجام می‌دهند؟

انسان‌ها می‌توانند با سنجش‌های نجومی مکان خود را محاسبه کنند. دریانوردان برای مدت طولانی از زاویه‌یاب‌های دریایی برای مشخص کردن موقعیت‌شان استفاده

می‌کردنـد. عمـوی مـن در جنـگ جهانـی دوم بـه دلایـل امنیتـی نمی‌توانسـت موقعیـت کشـتی نفربـری کـه در آن بـود را بدانـد. او زیرکانـه – و طبـق روال معمـول – بـرای فهمیـدن موقعیـت خـود یک زاویه‌یـاب دریایـی درسـت کـرد و چیـزی نمانـده بـود کـه بـه اتهـام جاسوسـی دسـتگیر شـود. زاویه‌یـاب دریایـی وسـیله‌ای بـرای اندازه‌گیـری زاویـه‌ی بیـن دو نقطـه، مثـلا زاویـه‌ی بیـن خورشـید و افـق اسـت. می‌توانیـد از زاویـه‌ی بـه دسـت آمـده در سـاعت ۱۲ ظهـر بـه وقـت محلـی بـرای محاسـبه‌ی عـرض جغرافیایـی اسـتفاده کنیـد امـا بایـد بدانیـد کـه سـاعت ۱۲ ظهـر بـه وقـت محلـی چـه موقـع اسـت کـه ایـن هـم بـه طـول جغرافیایـی بسـتگی دارد. اگـر سـاعت دقیقـی داشـته باشـید کـه زمـان نصـف النهـار مرجعـی مثـل نصـف النهـار گرینویـچ (یـا اگـر یـک کبوتـر هسـتید زمـان کبوترخانه‌تـان) را بـه شـما بدهـد، می‌توانیـد آن را بـا زمـان محلـی مقایسـه کنیـد و به‌طـور نظـری طـول جغرافیایی‌تـان

را به دست آورید. اما کبوترها چطور می‌توانند زمان محلی را بدانند؟ جفری متیوز پیشنهاد کرد که پرنده‌ها نه تنها ارتفاع خورشید بلکه کمان حرکت خورشید در یک بازه‌ی زمانی را هم بررسی می‌کنند. البته که آن‌ها برای برآورد کردن کمان، باید برای مدت کوتاهی خورشید را ببینند. شاید غیرمحتمل به نظر برسد اما از آزمایش رصدخانه‌ی املن متوجه شدیم که زردپره‌های نیلی به بخشی از آسمان که مرکز گردش است توجه می‌کنند که در کل مشابه با کاری است که کبوترها انجام می‌دهند. اندرو ویتن شاگرد متیوز روی کبوترها تعدادی آزمایش تجربی انجام داد که نشان می‌داد آن‌ها توانایی شناخت تفاوت‌ها را دارند.

کبوترها با قیاس کمان حرکت خورشید در تئوری می‌توانند متوجه شوند که خورشید در بالاترین نقطه در سمت الرأس در نیمروز کجا خواهد بود (یا بوده است). قبل‌تر دیدیم

که ارتفاع خورشید در سمت الرأس عرض جغرافیایی‌شان را به آن‌ها می‌دهد و فاصله‌ی زاویه‌ی افقی از سمت الرأس محاسبه‌شده زمان محلی را به آن‌ها می‌گوید. اگر زمان محلی را با زمان کبوترخانه (گرینویچ خصوصی‌شان) که ساعت زیستی‌شان به آن‌ها می‌گوید مقایسه کنند طول جغرافیایی‌شان را به دست می‌آورند.

متاسفانه حتی یک نادرستی کوچک در ساعت باعث خطای بزرگی در مسیریابی می‌شود. ملوان مشهور فردیناند مگلان در اولین سفر به دور دنیا هجده ساعت شنی با خود همراه داشت. اگر از آن‌ها برای مسیریابی استفاده می‌کرد خطای بزرگی رخ می‌داد. این در قرن هجدهم میلادی هم هنوز یک مشکل بود و به همین دلیل دولت بریتانیا یک مسابقه با جایزه‌ی مالی بزرگی برای ساخت زمان‌سنج دریایی ترتیب داد؛ ساعت دقیقی که با وجود امواج می‌توانست دقت خود را حفظ کند –

ساعت‌های پاندولی نمی‌توانستند. جایزه را یک نجار اهل یورکشایر به نام جان هریسن برنده شد. درست است که کبوترها، مثل تمام حیوانات دیگر، ساعت زیستی دارند اما اصلا دقت زمان‌سنج هریسن یا حتی ساعت‌های شنی مگلان را ندارند. از طرفی احتمالا پرندگان پروازی نیازی به دقت مورد نیاز ملوانان ندارند، که اگر مسیریابی‌شان اشتباه باشد باعث غرق شدن کشتی‌شان خواهد شد. تئوری‌های نجومی دیگری برای حل معمای نحوه‌ی مسیریابی پرندگان در مسافت‌های طولانی ارائه شده‌اند که مشابه با تئوری متیوز هستند.

قطب‌نمای نیروی دریایی بریتانیا

استفاده از چه نوع نقشه‌ی دیگری توسط پرندگان محتمل است؟ احتمالا نقشه‌های مغناطیسی که کوسه‌ها از آن‌ها استفاده می‌کنند. مکان‌های مختلف سطح زمین اثرات مغناطیسی مخصوص به خود را دارند. این اثر چگونه است؟ یک ایده‌ی محتمل برای چیزی که احتمال دارد باشد را توضیح می‌دهم.

این تئوری از حقیقت تفاوت بین شمال واقعی (یا جنوب) با شمال مغناطیسی (یا جنوب) استفاده می‌کند. قطب‌نمای مغناطیسی میدان مغناطیسی زمین را اندازه‌گیری می‌کند. میدان مغناطیسی زمین تقریبا با محور چرخش زمین هم‌راستا است. این اختلاف بین شمال واقعی و شمال مغناطیسی میل مغناطیسی نامیده می‌شود و کسانی که به درست بودن نیاز دارند باید آن را به حساب بیاورند. میزان میل مغناطیسی بسته به مکان متفاوت است (به زمان هم به دلیل جابجایی‌های هسته‌ی زمین که حتی گاهی می‌تواند میدان مغناطیسی بالایی زمین را با گذشت قرن‌ها برعکس کند بستگی دارد). اگر برای مثال بتوان زاویه‌ی بین شمال و عقربه‌ی رو به شمال قطب‌نما را اندازه‌گیری کرد (همچنین با استفاده از شدت میدان مغناطیسی) می‌توان مکان فعلی خود را

فهمید. این می‌تواند نشانه‌ی مغناطیسی‌ای باشد که دنبالش بودیم.

شواهد خارق‌العاده‌ای مبنی بر توانایی انجام این کار توسط سسک نیزار روسیه‌ای وجود دارد. محققان با استفاده از قیف‌های املن، میدان مغناطیسی را ۸.۵ درجه به‌طور مجازی جابجا کردند. اگر پرندگان از قطب‌نمای مغناطیسی استفاده می‌کردند باید مسیر انتخابی‌شان در قیف املن به همان اندازه‌ی ۸.۵ درجه عوض می‌شد. در واقع آن‌ها مسیر بال زدن‌شان را ۱۵۱ درجه تغییر دادند. وقتی ۸.۵ درجه تغییر در میدان مغناطیسی، با در نظر گرفتن میل مغناطیسی محاسبه می‌شد، نتایج نشان می‌داد که در روسیه نیستند بلکه در آبردین اسکاتلند هستند! که در کمال ناباوری، مسیر انتخابی‌شان مسیری بود که اگر در آبردین بودند و می‌خواستند به مقصد معمول مهاجرت‌شان بروند، انتخاب می‌کردند. نشانه‌ی آبردین

مثالی از چگونگی کارکرد نشانه‌ی مغناطیسی است که گامی در مسیر فهم اهمیت حس مغناطیسی نسبت به قطب‌نما است. باید اعتراف کنم که این برای من آن‌قدر محتمل است که باورکردنی نیست.

نیازی به گفتن ندارد که هیچ کسی پیشنهاد نمی‌کند که پرندگان محاسبات پیچیده‌ای مثل محاسباتی که برای تئوری مسیریابی خورشیدی متیوز لازم است را آگاهانه انجام می‌دهند. البته که پرندگان چیزی مشابه کاغذ و مداد، جدول تمایل مغناطیسی یا شدت میدان مغناطیسی ندارند. هنگامی که بازیکن در مسابقه‌ی کریکت یا بیسبال توپ را می‌خواهد بگیرد مغزش در حال انجام چیزی مشابه با حل کردن معادلات پیچیده‌ی دیفرانسیل است. اما بی‌خبر از این مسئله، بازیکن در حال کنترل پاها، چشم‌ها و دستانش برای گرفتن توپ است. درست مثل پرنده‌ها.

حیوانات بال‌دار می‌توانند به جزایری بروند که صرفا با پا نمی‌شود به آن مکان‌ها رفت. اغلب هیچ پستانداری در جزایر دور افتاده زندگی نمی‌کند. تنها پستانداران جزایر (به جز حیواناتی مثل دینگوها و موش‌های کشتی که توسط انسان‌ها به جزایر وارد شده‌اند) خفاش‌ها هستند. چرا خفاش‌ها؟ چون خفاش‌ها بال دارند. جزایر دور افتاده به جز خفاش‌ها، بیشتر متعلق به پرندگان هستند تا پستانداران. معمولا در جزایر می‌بینیم که زمینِ محل تردد پستانداران در تملک پرندگان است. کیوی، پرنده‌ی ملی نیوزلند مانند پستانداری که روی زمین زندگی می‌کند زندگی‌اش را می‌گذراند. نیاکان این پرنده می‌توانستند پرواز کنند که احتمالا هم همین‌طور به نیوزلند رسیدند. همان‌طور که در فصل بعدی خواهیم دید، کیوی‌ها نوعی

از پرنــدگان جزیــره‌ای هســتند کــه بال‌هایشــان منقبــض شــده و نمی‌تواننــد پــرواز کننــد. امــا دلیــل رسیدن‌شــان بــه جزیــره، داشــتن بــال بــوده اســت.

نیــاکان پــروازی یــک پرنــده‌ی جزیــره‌ای، احتمــالا توســط بــاد شــدیدی از مسیرشــان منحــرف شــدند و به‌طــور اتفاقــی بــه جزیــره رســیدند. در اینجــا می‌خواهــم روی نکتــه‌ی ظریــف و مشــکلی تاکیــد داشــته باشــم. ایــن فصــل دربــاره‌ی مزیت‌هــای پــرواز کــردن اســت. پیــدا کــردن غــذا، فــرار از دســت شــکارگران و مهاجــرت هــر ســاله بــه زمین‌هــای تغذیه‌گــر، همــه از مزیت‌هــای بدیهــی پــرواز هســتند. انتخــاب طبیعی برای سـود بـردن پرندگان از پــرواز، بال‌هــا را - تمــام جزئیــات فرم‌شــان و عملکردشــان - بی‌نقــص کــرد. امــا خوش‌شــانس بــودن در کلونیــزه کــردن یــک جزیــره‌ی دور افتــاده متفــاوت اســت. انتخــاب طبیعــی بال‌هــا را بــا هــدف یافتــن جزیره‌هــا بــرای کلونیــزه کــردن و

فرگشت یافتن در آن مکان‌ها شکل نداده است. اگر در اینجا بال‌ها «مزیت» باشند، با مفهومی خاص از کلمه‌ی «مزیت» استفاده می‌کنیم. داریم درباره‌ی رویدادی نادر و عجیب صحبت می‌کنیم. شاید طوفانی فاجعه‌بار، یک ماده‌ی حامله و در حال مهاجرت را از مسیرش منحرف کرده و او را در جزیره‌ای انداخته باشد.

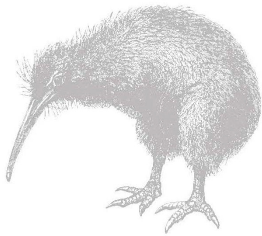
حتی گاهی پستانداران بی‌بال هم در اتفاقات عجیب و غریبی به جزایر می‌رسند. کسی نمی‌داند که چگونه جوندگان و میمون‌ها سر از آمریکای جنوبی درآوردند. این اتفاق حدود ۴۰ میلیون سال پیش رخ داد و حاصلش کثرت گونه‌های متفاوت میمون‌ها و جوندگان – بستگان خوکچه‌های هندی – بوده است. ۴۰ میلیون سال قبل نقشه‌ی جهان متفاوت بود. آفریقا به آمریکای جنوبی نزدیک‌تر بود و جزایری بین‌شان قرار داشت. احتمالا میمون‌ها و جوندگان جهش جزیره‌ای داشتند.

شاید با شناور ماندن روی انبوهی از گیاهان یا گیر افتادن روی درختانی که توسط طوفان به دریا افتاده بودند. چنین رخدادهای عجیبی تنها نیاز بود یک بار اتفاق بیفتند تا بعد از آن تازه‌واردان طرد شده مکان جدیدی برای زندگی و زاد و ولد پیدا کرده و – در نهایت – فرگشت یابند. برای پرندگان هم همینطور بود ولی با بال‌هایی که مزیت شروع کردن سفر را به ارمغان می‌آورد. با این وجود گفتن اینکه لذت بردن از چنین کلونیزه شدن‌های عجیب از مزیت‌های داشتن بال بوده – البته نه به مفهوم قراردادی آن مثل ارتفاع گرفتن برای پیدا کردن غذا که مزیت داشتن بال محسوب می‌شود – اشتباه است.

* * *

به نظر می‌رسد که پرواز کردن توانایی بسیار مفیدی باشد که برای اهداف متفاوت سودمند است. شاید این سوال پیش بیاید که: پس

چرا تمام حیوانات پرواز نمی‌کنند؟ صریح‌تر بپرسیم: چرا بسیاری از حیوانات بال‌های بی‌نقص نیاکان‌شان را از دست می‌دهند؟



کیوی قهوه‌ای نورت آیلند

فصل ۳

اگر پرواز کردن این‌قدر عالی‌ست، چرا بعضی از حیوانات بال‌هایشان را از دست می‌دهند؟





شاید خوک‌ها پرواز کنند

آن‌ها نمی‌توانند پرواز کنند ولی آیا خواهند توانست؟ اگر نه، چرا؟ چه موقعی می‌توان درباره‌ی کارهایی که حیوانات انجام نمی‌دهند سوالات معقولانه پرسید؟ مثلا این پرسش که چرا بعضی از حیوانات نمی‌توانند پرواز کنند؟

فصل ۳

اگر پرواز کردن این‌قدر عالی‌ست، چرا بعضی از حیوانات بال‌هایشان را از دست می‌دهند؟

وچرا دریا خیلی‌داغ است —
و آیا خوک‌ها بال دارند.
لوئیس کارول، آنسوی آینه، ۱۸۷۱

دریا خیلی داغ نیست با اینکه یک روز (حدود ۵ میلیارد سال بعد) خواهد شد. خوک‌ها هم مطمئنا بال ندارند اما پرسیدن درباره‌ی دلیلش سوال احمقانه‌ای نیست. نوعی روش طنزآمیز برای پرسیدن سوالی کلی‌تر است:

«اگر فلان چیز عالی‌ست چرا تمام حیوانات آن ندارند؟» جواب خیلی از زیست‌شناسان این خواهد بود: «چون تنوع ژنتیکی لازم برای فرگشت بال‌ها هیچ‌گاه برای انتخاب طبیعی در دسترس نبود تا کارش را پیش ببرد. جهش‌های مناسب اتفاق نیفتاد و احتمالا نمی‌توانست اتفاق بیفتد زیرا رویان‌شناسی خوک به سمت پدیداری برآمدگی‌های کوچکی که می‌توانستند در نهایت به بال تبدیل شوند سوق داده نشده بود». شاید زیست‌شناس عجیبی باشم چون نمی‌خواهم به سرعت جواب را مطرح کنم. من این سه جواب را اضافه می‌کنم: «چون بال برای آن‌ها مفید نبود؛ چون بال‌ها مانع شیوه‌ی خاص زندگی کردن‌شان می‌شدند؛ و چون حتی اگر بال داشتن می‌توانست برای‌شان مفید باشد ولی مقرون به صرفه نمی‌بود». این حقیقت که بال‌ها همیشه چیز خوبی نیستند توسط حیواناتی که نیاکان‌شان بال داشتند

ولی خودشان از آن استفاده نمی‌کنند اثبات شده است. این فصل درباره‌ی همین موضوع است.

مورچه‌های کارگر بال ندارند. آن‌ها راه می‌روند. خب، شاید «دویدن» کلمه‌ی بهتری باشد. زنبورهای بی‌عسل بال‌دار نیاکان مورچه‌ها بودند؛ پس مورچه‌های مدرن در طول زمان فرگشتی بال‌هایشان را از دست داده‌اند. اما نیازی نیست آنقدر به عقب برویم. والدین درجه یک مورچه‌های کارگر، هر دو بال داشتند. هر زنبور کارگری یک ماده‌ی نازا است و دارای همه‌ی ژن‌های یک ملکه است که اگر به‌طور متفاوتی رشد می‌یافت مانند ملکه‌ها بال درمی‌آورد. قابلیت داشتن بال، به اصطلاح در ژن‌های تمام مورچه‌ها جمع شده است اما در مورچه‌های کارگر پدیدار نمی‌شود. باید داشتن بال مشکلی ایجاد کند، در غیر این صورت مورچه‌های کارگر به توانایی ژنتیکی‌شان در

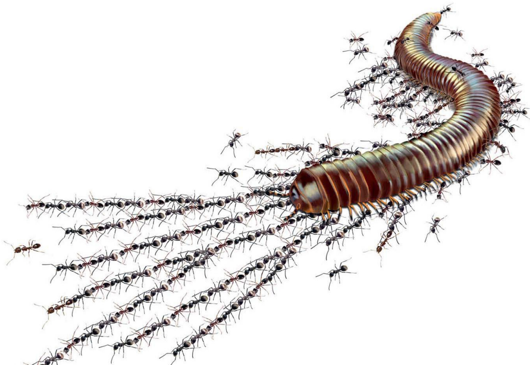
بال درآوردن جامه‌ی عمل می‌پوشاندند. باید مزایا و معایب داشتن بال در تناسب دقیقی باشد که گاهی اوقات ماده‌ها بال درمی‌آورند و گاهی اوقات درنمی‌آورند ملکه‌ها برای پیدا کردن لانه‌ی جدیدی دورتر از لانه‌ی قبلی به بال نیاز دارند. به دلیل خوب بودن این کار در فصل ۱۱ برخواهیم گشت. داشتن بال به ملکه‌ها امکان ملاقات با نرهای بال‌دار لانه‌های دیگر را هم داد. بعدتر خواهیم دید که چرا برون‌آمیزی می‌تواند چیز خوبی باشد. از آنجایی که مورچه‌های کارگر زاد و ولد نمی‌کنند به این دو قابلیت نیازی ندارند. آن‌ها بیشتر وقت‌شان را با راه رفتن درون فضاهای بسته‌ی زیر زمین می‌گذرانند. احتمالا وجود بال‌ها در دالان‌ها، حفره‌ها و تونل‌های تنگ لانه‌ی زیرزمینی دست‌وپاگیر می‌بود. این احتمال به وضوح توسط این واقعیت پررنگ‌تر می‌شود که مورچه ملکه بعد از جفتگیری برای اولین و

آخرین بار در زندگیش و پرواز به مکانی مناسب برای پیدا کردن لانه، بال‌هایش را از دست می‌دهد. در بعضی از گونه‌ها ملکه بال‌هایش را گاز می‌گیرد و در دیگر گونه‌ها با پاهایش آن‌ها را جدا می‌کند. بال‌های خود را گاز گرفتن گواه محکمی از همیشه مطلوب نبودن بال‌ها است. بال‌ها بعد از پرواز برای جفتگیری و جستجو برای مکان لانه‌ی جدید، کاربردشان را از دست می‌دهند و با غیرضروری شدن‌شان و احتمالا دردسرساز بودن‌شان در زیر زمین، دور انداخته یا خورده می‌شوند.



مورچه‌ی ملکه بال های بی‌فایده خود را می‌ریزد

مورچه‌ی کارگر هرگز بال‌های خود را رشد نمی‌دهد، اگرچه هر دو والدینش این کار را انجام داده‌اند و ژن‌های او دقیقا می‌دانند چگونه آن‌ها را بسازند. بال‌ها چیزی نیست که بخواهند داشته باشند.



باند زنجیره‌ای مورچه‌ها

مورچه ها همکاری کننده‌های عالی‌ای هستند. در این مورد آن‌ها برای کشیدن یک هزارپا خطوط طولانی تشکیل داده‌ند. هزارپایی که برای حمل یک مورچه به تنهایی بسیار بزرگ است.

راستش مورچه‌های کارگر تمام وقت خود را زیر زمین صرف نمی‌کنند. آن‌ها با قدم‌های کوچک به جستجوی غذا (برای بردن به لانه) می‌روند. حتی اگر داشتن بال مانعی در زیر زمین باشد، نگه داشتنش نمی‌تواند به مورچه‌های کارگر مثل نیاکان‌شان در جستجوی سریع‌تر غذا کمک کند؟ خب شاید زنبورهای بی‌عسل سریع‌تر از مورچه‌ها باشند اما مورچه‌های جستجوگر اغلب مقدار زیادی غذای سنگین‌تر از خودشان مانند سوسک را حمل می‌کنند. آن‌ها نمی‌توانند با چنین بار سنگینی پرواز هم بکنند. بیشتر مواقع برای بردن طعمه‌های بزرگ‌تر گروهی کار می‌کنند. حتی دیده شده که گروه‌های مورچه‌های جنگجو یک عقرب را با خود حمل می‌کردند. زنبورها مسیر طولانی را برای جستجوی تکه‌های کوچکی از غذا می‌پیمایند در حالیکه تخصص مورچه‌ها پیدا کردن غذایی‌ست که نسبتا به لانه نزدیک

است و برای حمل در پرواز بسیار بزرگ است. حتی بدون حمل بار پرواز کردن بسیار انرژی‌بر است. همان‌طور که بعدا خواهیم دید عضلات پرواز زنبورهای بی‌عسل، موتورهای رفت و برگشتی کوچکی هستند که سوخت قندی زیادی مصرف می‌کنند. بال درآوردن هزینه دارد. هر عضوی باید از موادی که به‌عنوان غذا به بدن می‌رسد رشد کند و داشتن چهار بال برای هر کدام از هزاران مورچه‌ی کارگر درون لانه اصلا کم‌هزینه نخواهد بود. منابع اقتصادی کلونی هم کاهش چشمگیری خواهد داشت. احتمالا این ارزیابی‌ها شرایط را برای نداشتن بال به نفع کارگرها تغییر داد. «تغییر به نفع» عبارت مناسبی است و به ایده‌ی تناسب اقتصادی هم بیشتر خواهیم پرداخت. پرسش مزیت فرگشتی - این عضو چه کاربردی دارد؟ - همیشه محاسبات اقتصادی فایده-هزینه را همراه دارد؛ تناسب مزایا در برابر معایب.





ملکه موریانه روزی بال داشت

اکنون او به یک کارخانه‌ی تولید تخم کاهش یافته است و تورم وحشتناک شکم او صفحات اسکلت بیرونی قهوه ای را از هم جدا کرده است.

موریانه‌ها از بعضی جهات با مورچه‌ها متفاوت هستند. بچه که بودم در آفریقا به آن‌ها «مورچه‌های سفید» می‌گفتیم اما آن‌ها حتی به مورچه‌ها نزدیک هم نیستند. مورچه‌ها خویشاوندان زنبورهای عسل و زنبورهای

بی‌عسل هستند؛ در حالیکه موریانه‌ها به سوسری‌ها نزدیک‌ترند. همان‌طور که مورچه‌ها از آغازی زنبورگونه فرگشت یافتند، موریانه‌ها از آغازی سوسری‌گونه مستقلا به شیوه‌ی زندگی مورچه‌ها نزدیک شدند. اما تفاوت‌های مهمی بین نتایج این دو وجود دارد. در حالیکه مورچه‌های کارگر، زنبورهای عسل و زنبورهای بی‌عسل همیشه ماده‌های نازا هستند، موریانه‌های کارگر هم نرهای عقیم و هم ماده‌های نازا هستند. اما موریانه‌ها هم مانند مورچه‌های کارگر بال ندارند در حالیکه ماده‌ها و نرهای مولد (ملکه‌ها و پادشاه‌ها) بال‌هایی دارند که برای اهدافی مشابه با مورچه‌های بال‌دار استفاده می‌شوند. موریانه‌های بال‌دار مانند مورچه‌ها گروه انبوه پروازی تشکیل می‌دهند که در زمان‌های مشخصی از سال خیره کننده هستند. دوستان دوران بچگی من در آفریقا زمانی که گروه انبوه «مورچه‌های

سفید» بال‌دار پرواز می‌کردند، با شتاب آن‌ها را می خوردند -آن‌ها غذای لذیذ و ترد محلی بودند. موریانه‌های ملکه هم مانند مورچه‌ها و احتمالا به دلایل مشابه (موریانه‌ها معمولا نسبت به مورچه‌ها حتی زمان بیشتری را در فضاهای بسته می‌گذرانند)، پس از پرواز برای جفتگیری بال‌هایشان را جدا می‌کنند. آن‌ها به فرم‌های متورم شده‌ی عجیب و غریبی تبدیل می‌شوند که ایده‌ی داشتن بال برای‌شان یک شوخی است. سر، قفسه سینه و پاهایشان مانند یک حشره است اما شکم‌شان کیسه‌ی سفید متورم شده‌ای‌ست که تخم‌ها در آن قرار دارند. ملکه یک کارخانه‌ی تخم‌سازی متحرک است - درواقع متحرک هم نیست چون برای راه رفتن خیلی چاق است. او در طول عمر خود ۱۰۰ میلیون تخم تولید خواهد کرد.

مورچه‌ها و موریانه‌های کارگر مثال‌های

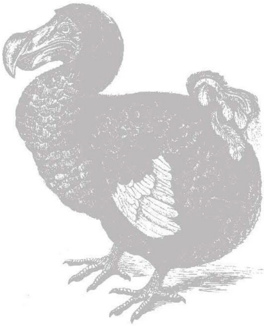
گویایی برای شروع این فصل هستند زیرا هر کدام از آن‌ها ژن‌های مورد نیاز برای رشد بال را دارند اما از رشد آن خودداری می‌کنند. همان‌طور که دیدیم حتی مورچه‌های ملکه بال‌هایشان را قطع کرده یا گاز می‌گیرند. هیچ پرنده‌ای بال‌های خود را گاز نمی‌گیرد تا آن‌ها را قطع کند. تصورش هم حتی سخت است. تنها مثال تقریبا مشابهی که در بین مهره‌داران وجود دارد خودبُری دم است. خودبری به معنای بریدن دم یا بخشی از دم هنگام گرفته شدن توسط شکارگر است. حقه‌ی کارآمدی که بارها توسط مامورک‌ها و دوزیستان اجرا شده است. اما خودبری هیچ‌گاه در پرندگان دیده نشده است. برعکس مورچه‌های ملکه هیچ پرنده‌ای بال‌های خود را ارادی قطع نمی‌کند. گرچه در طول زمان فرگشتی بسیاری از پرندگان به تدریج یا بال‌هایشان کوچک شد یا آن‌ها را از دست دادند. مخصوصا در جزایر – که بیش از شصت

گونه‌ی شناخته شده از پرندگان (بدون احتساب گونه‌های منقرض شده) بی‌پرواز شده‌اند: که در بین آن‌ها غازها، اردک‌ها، طوطی‌ها، شاهین‌ها، درناها و بیش از سی گونه از یلوه‌ها، از جمله یلوه‌ی جزیره‌ی کوچک و غیرقابل دسترس تریستان دکونا دیده می‌شوند.

چرا پرندگان جزیره‌ای در طول زمان فرگشتی قدرت پرواز کردن را از دست می‌دهند؟ همان‌طور که در فصل قبل دیدیم پرندگان بی‌پرواز اغلب در جزایری آنقدر دور افتاده زندگی می‌کنند که برای پستانداران شکارچی یا رقبای شکارگرشان غیرقابل دسترس است. نبود پستانداران دو نتیجه دارد. اول اینکه پرندگانی که با بال‌هایشان به جزایر رسیدند می‌توانستند شیوه‌های زندگی‌ای که در حالت عادی توسط پستانداران انتخاب می‌شد را برگزینند؛ شیوه‌هایی که نیاز به بال نداشتند. در نیوزلند جای پستانداران بزرگ توسط موآهای بی‌پرواز

منقـرض شــده پـر شــده بـود. کیوی‌هــا ماننــد پســتانداران متوســط جثــه رفتــار می‌کننــد. جــای پســتانداران کوچــک نیوزلنــد هــم توســط الیکایــی بی‌پــرواز، الیکایــی جزیــره‌ی ســنت اســتفن (بــه تازگــی منقــرض شــده) و جیرجیرک‌هــای غول‌پیکــر بی‌پــرواز بــه نــام وِتــا پــر شــده اســت (یــا شــده بــود). تمــام ایــن حیوانــات نــوادگان نیــاکان بال‌دارشــان هســتند.

دوم اینکـه بـه دلیـل نبـود پسـتانداران شـکارچی در جزایرشــان، پرنــدگان «دریافتنــد» کــه داشــتن بــال بــرای فــرار ضرورتــی نــدارد. احتمــالا بــرای دودوهــای جزیــره‌ی موریــس و پرنــدگان بی‌پــرواز خویشاوندشــان در جزایــر همســایه کــه از نســل نوعــی کبوتــر پــروازی بودنــد اینگونــه بــوده اســت.



دودو

من «دریافتن» را به دلیلی درون علامت نقل‌قول گذاشتم. مشخص است که کبوترهای باستانی که تازه به جزیره‌ی موریس یا رودریگز رسیده بودند اطراف‌شان را نگاه نکرده و نگفته‌اند: «اوه هیچ شکارگری اینجا نیست؛ بیایید بال‌هایمان را کوچک کنیم». چیزی که در طول نسل‌های زیادی در واقع اتفاق افتاد این بود که آن پرندگانی که ژن بال‌های کمی کوچک‌تر از معمول را داشتند موفق‌تر بودند. احتمالا به این دلیل که در هزینه‌های اقتصادی رشد بال‌ها صرفه‌جویی کنند. به همین دلیل

هم بال‌های بچه‌هایشان کمی کوچک‌تر شد و همینطور در نسل‌های بعد بال‌ها پیوسته کوچک‌تر شدند. در همین حین بدن کبوترها بزرگ‌تر شد. این مسئله را می‌توان اینگونه دید که منابع ذخیره شده‌ی لازم برای رشد و نگهداری از بال‌ها به اعضای دیگر رسید. پرواز کردن به انرژی زیادی نیاز دارد و رسیدن آن انرژی به بقیه‌ی چیزها، از جمله بزرگ شدن جثه، کاملا منطقی است. ولی بزرگ شدن در طی زمان فرگشتی، ویژگی کلی حیوانات جزیره‌ای است؛ پس شاید دلایل دیگری هم داشته باشد. گیج کننده‌تر اینکه در بعضی موارد گونه‌های جزیره‌ای کوچک‌تر می‌شوند. همان‌طور که در فصل بعدی خواهیم دید پیشنهاد شده است که معمولا گونه‌های بزرگی که به جزایر می‌رسند کوچک‌تر می‌شوند در حالیکه گونه‌های کوچک‌تر، بزرگ‌تر می‌شوند.

به دلایل واضحی خفاش‌ها اغلب تنها

پستاندارانی هستند که قابلیت کلونیزه کردن جزایر دور افتاده را دارند. اما من از خفاش‌هایی که در جزایر یا مکان‌های دیگر قدرت پرواز کردن را از دست داده باشند، مثالی ندارم. این برایم حیرت‌آور است. انگاشته می‌شود که دلایل چندین فرگشت از پرندگان بی‌پرواز در جزایر برای خفاش‌ها هم مصداق داشته باشد. فکر می‌کنم که، احتمالا، خفاش‌ها مورد توجه قرار نگرفته‌اند. شاید علم ژنتیک مولکولی در آینده گونه‌های جزیره‌ای «حشره‌خواری» را کشف کند که از خفاش‌ها به وجود آمده باشند (از منظر فرگشتی). اینگونه گمانه‌زنی‌ها سرگرم کننده است. اگر به نظر برسد تا الان اشتباه کرده‌ایم، همیشه این شانس وجود دارد که تحقیقات بعدی ثابت کنند که اشتباه نکرده‌ایم. چیزهای عجیب و غریب قبلا رخ داده‌اند. قبل از به وجود آمدن علم ژنتیک مولکولی چه کسی می‌توانست حدس بزند که وال‌ها از

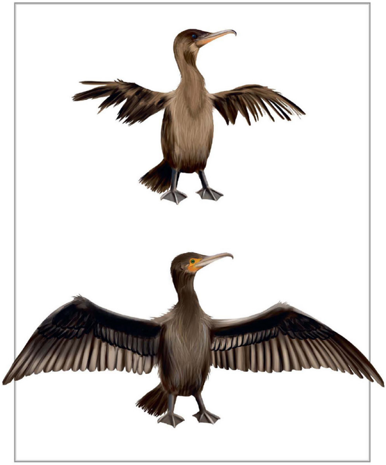
بین حیوانات سم‌دار به وجود آمده باشند؟ اسب‌های دریایی عموزاده‌های نزدیک‌تری به وال‌ها هستند تا به خوک‌ها! وال‌ها حیوانات سم‌داری هستند که سمی برای قیار ندارند!

احتمالا دودوها به خاطر نبود شکارگران بال‌هایشان را از دست داده بودند اما متاسفانه از ورود ملوان‌ها در قرن هفدهم جان سالم به در نبردند. گفته شده است که «دودو» از کلمه‌ی پرتغالی «احمق» گرفته شده است چون از دست ملوان‌هایی که برای «سرگرمی» آن‌ها را با چماق می‌زدند فرار نمی‌کردند. اما احتمالا فرارنکردن‌شان به این دلیل بود که تا آن هنگام چیزی برای فرار کردن در جزیره وجود نداشت؛ همان دلیلی که نیاکان‌شان بال‌هایشان را به خاطرش از دست دادند. احتمالا چماق خوردن برای «سرگرمی» یا شکار شدن برای غذا (گزارش‌های آن زمان حاکی از بدمزه بودن‌شان است) دلیل اصلی‌تر انقراض‌شان نبود بلکه

موش‌ها، خوک‌ها و پناهندگان مذهبی‌ای که با کشتی به آنجا رسیده و بر سر غذا با دودوها رقابت می‌کردند و تخم‌هایشان را می‌خوردند دلیل اصلی‌تر بودند.

قره‌غازهای بی‌پرواز گالاپاگوس مسلما از نوادگان قره‌غازهایی هستند که از سرزمین اصلی به جزیره پرواز کردند و نوادگان‌شان بال‌هایشان را از دست دادند. همه‌ی قره‌غازها عادت دارند که بعد از شیرجه زدن برای شکار ماهی بال‌هایشان را باز کنند تا خشک شود. این کار به این دلیل مهم است که وقتی برای شکار ماهی شیرجه می‌زنند بال‌هایشان کاملا خیس شده و برای پرواز کردن بی‌فایده می‌شوند. بیشتر پرندگان آبی که بال‌های خود را چرب می‌کنند نیازی به باز کردن بال‌هایشان ندارند زیرا خیس بودن بال‌ها هیچ تأثیری روی آن‌ها ندارد. قره‌غازهای گالاپاگوس با اینکه حتی با بال‌های خشک هم نمی‌توانند پرواز

کنند باز آن‌ها را خشک می‌کنند. باید اضافه کنم که تئوری «خشک کردن بال‌ها تنها برای پرواز» را تمام پرنده‌شناسان قبول ندارند.



بال‌هایتان را برای خشک شدن باز نگه دارید

اجداد قره‌غازهای بی‌پرواز گالاپاگوس با بال‌هایی به بزرگی و پرپشتی قره‌غازهای سرزمین اصلی به مجمع الجزایر پرواز کردند. به محض رسیدن به آن‌جا، بال‌های آن‌ها در طول زمان فرگشتی کوچک شد. اما قره‌غازهای گالاپاگوس هنوز عادت اجدادی خود را حفظ کرده‌اند: آن‌ها را برای خشک کردن باز نگه می‌دارند.



آیا پرندگان وحشت شکار را کامل می‌بلعیدند؟

برگچه‌خوار در خطرخورده شدن توسط پرنده‌ی وحشت است. برای داشتن ایده‌ای از مقیاس، برگچه‌خوارها خوکچه‌های هندی غول پیکری‌اند که به اندازه‌ی یک گوسفند هستند. پرندگان وحشت منقرض شده‌اند (شاید از شنیدنش خوشحال شدی) اما برگچه‌خوارها هنوز هم زندگی می‌کنند (شاید به همان اندازه از شنیدنش خوشحال شدی).

دودوها و قره‌غازهای گالاپاگوس بال‌هایشان را نسبتا به تازگی، در چند میلیون سال قبل از

دست داده‌اند. شترمرغ‌ها و گونه‌شان خیلی قبل‌تر بال‌های خود را از دست دادند؛ احتمالا در جزایر فراموش شده‌ای که نیاکان دورشان با بال‌های خود به آنجا پرواز کرده بودند. از بال‌هایی که روزی نیاکان‌شان را به پرواز درمی‌آورد امروز بقایای کوچک و کوتاهی بجا مانده یا در موآهای نیوزلندی (منقرض شده) هیچ نشانی از آن‌ها باقی نماند. شترمرغ‌ها از باقیمانده‌ی بال‌هایشان برای نمایش دادن به دیگر شترمرغ‌ها و کمک به تعادل و تغییر جهت در هنگام دویدن استفاده می‌کنند. این بقایای بال‌ها به ویژه در هنگام دویدن سریع الزامی است که شترمرغ‌ها خیلی سریع می‌دوند.

همچنین پیشنهاد شده است که بال‌های شترمرغ‌ها احتمالا زمانی که نیاز به پایین آوردن سرعت باشد باز می‌شوند - درست مثل هواپیماهای جنگی که وقتی در باند کوتاه یا

یخی فرود می‌آیند چتر نجات پشت‌شان را باز می‌کنند. شترمرغ‌های آمریکایی که بستگان شترمرغ‌ها هستند (در واقع داروین به آن‌ها شترمرغ می‌گفت) بال‌های نسبتا بزرگ‌تری دارند اما نه آنقدر بزرگ که برای پرواز کردن مناسب باشد. شترمرغ‌ها و شترمرغ‌های آمریکایی با شترمرغ‌های استرالیایی و موآهای نیوزلندی هم خویشاوند هستند: همه‌ی آن‌ها در دسته‌ی بی‌تیغه‌ها هستند که کیوی‌ها هم جزئی از همین دسته‌اند.

«پرندگان وحشت» و خویشاوندان‌شان که در نهایت تنها دو میلیون سال قبل در آمریکای جنوبی منقرض شدند، از بی‌تیغه‌ها نبودند. بر خلاف بی‌تیغه‌ها، آن‌ها گوشت‌خوارانی سیری‌ناپذیر و شایسته‌ی نام ترسناک‌شان بودند. بزرگترین پرنده وحشت سه متر قد داشت. بی‌تیغه‌ها بیشتر گیاه‌خوارند و سرهای کوچک و گردن‌های نازکی دارند.

پرنده‌های وحشت که گونه‌های زیادی هم داشتند؛ سرهایشان خیلی بزرگ و گردن‌هایشان فراخ بود. همواره برایم سوال است که آن‌ها هم مانند دیگر پرندگان طعمه‌های بزرگ را درسته می‌بلعیدند یا نه؛ شاید حتی یک برگچه‌خوار را - نوعی خوکچه‌ی هندی بزرگ. مبادا کلمه‌ی «خوکچه‌ی هندی» باعث شود که اندازه‌اش اشتباه قضاوت شود؛ طول بدن یک برگچه‌خوار می‌تواند به یک متر برسد. درباره‌ی خوکچه‌ی هندی‌ای صحبت می‌کنیم که به بزرگی یک گوسفند بالغ است. مرغ‌های دریایی می‌توانند خرگوش‌ها و جوجه‌مرغ‌های دریایی همسایه‌ی خود را درسته ببلعند. در آمریکای جنوبی خوکچه‌های هندی منقرض شده‌ای زندگی می‌کردند که به بزرگی اسب‌های دریایی بودند. با اینکه آن‌ها با بعضی از پرندگان وحشت هم دوره بودند احتمالا به دلیل بزرگی‌شان برای آن‌ها طعمه محسوب نمی‌شدند - حداقل

برای درسته بلعیده شدن! اما آیا نسبت پرنده‌ی وحشت به برگچه‌خوارِ هم‌جثه‌ی گوسفند، چیزی شبیه به نسبت مرغ دریایی به خرگوش نبود؟
لک‌لک نوک‌کفشی گونه‌ای در خطر انقراض و به طرز باشکوهی زشت در آفریقاست که خویشاوند پرندگان وحشت نیست و به قدری کوچک است که قادر به پرواز کردن است. اما ظاهر – و نحوه‌ی غذا خوردن – این پرنده به ما ایده‌ی حس درسته بلعیده شدن را می‌دهد.

موآهای نیوزلندی غول‌پیکر هم‌قد پرندگان وحشت و بسیار بزرگ‌تر از شترمرغ‌ها بودند. بال‌های بیشتر بی‌تیغه‌ها (و پرندگان وحشت) کوچک است اما موآها یک قدم جلوتر رفته و بال‌هایشان را کاملا از دست دادند. حتی وال‌ها هم این‌طور یک عضو از دست ندادند. آن‌ها پاهای عقب خود را از دست دادند اما هنوز ردی از استخوان‌های پا در بدن‌شان وجود

دارد. استخوان‌های بال موآ کاملا از بین رفته است. مائوری‌های تازه‌وارد آن‌ها را به طرز ناراحت‌کننده‌ای منقرض کردند. این اتفاق تنها ۶۰۰ سال پیش رخ داد؛ اما دوست نیوزلندی من اشتباها در یک بار برایم داستان‌هایی درباره‌ی شنیدن صدایشان در بوته‌زار جزیره‌ی جنوبی تعریف کرد.



تصور کنید با این موجود اگر ۳ متر قد داشت رو در رو می‌شدید

لک‌لک نوک‌کفشی آن‌قدر کوچک است که نمی‌تواند شما را ببلعد. اما خیره شدن گیج کننده‌اش این ایده را به دست می‌دهد که مواجهه با یک پرنده وحشت می‌توانسته چگونه بوده باشد.



رخ داستان‌های هزار و یک شب

رخ حامل فیل هرگز وجود نداشت و نمی‌توانست وجود داشته باشد. اما آیا منشا این افسانه از داستان‌های مسافران در مورد پرنده‌ی فیلی غول‌پیکر بی‌پرواز ماداگاسکار است؟

مائوری‌ها حدود ۷۰۰ سال پیش به نیوزلند رسیدند – در مقایسه با بومیانی که ۵۰,۰۰۰ سال پیش به استرالیا رسیدند گویی همین دیروز بوده است. موضوع مسئول بودن یا نبودن

بومیان استرالیا در انقراض پستانداران کیسه‌دار بزرگ استرالیا جنجال برانگیز است. در استرالیا پرندگان بی‌پرواز غول‌پیکری مثل جنیوریس با ۲ متر قد که شبیه غازی بیش از حد بالغ بود زندگی می‌کردند. این «مرغ‌های توفان» استرالیایی خویشاوندان نزدیک بی‌تیغه‌ها نبودند – یا خویشاوند پرندگان وحشتی که نزدیک‌ترین خویشاوند زنده‌ی آن‌ها کاکل‌پیشانی‌های آمریکای جنوبی هستند؛ پرنده‌های بلندپا با کاکل‌های زیبایی که خیلی از پرنده‌های وحشت کوتاه‌تر هستند.

پرنده‌های فیلی غول‌پیکر ماداگاسکار بی‌پرواز و از بی‌تیغه‌ها بودند. چند گونه از پرنده‌های فیلی وجود داشتند. بزرگترین‌شان که به تازگی Vorombe titan نام‌گذاری شده است ۳ متر قد داشت. حالا به قلمروی بلندپروازی‌های خیال وسوسه انگیز می‌رویم. داستان سندباد ملوان یکی از افسانه‌های رنگارنگ داستان‌های

هـزار و یـک شـب اسـت. یکـی از ماجراجویی‌هـای سـندباد در جزیـره‌ای بـود کـه در آن پرنـده‌ی غول‌پیکـری بـه نـام رخ بـرای غـذا بـه جوجه‌هایـش فیـل مـی‌داد. او کـه مـی خواسـت بـر فـراز جزیـره پـرواز کنـد در حالیکـه کنـار تخـم بـزرگ رخ نشسـته بـود عمامـه‌اش را بـه چنگال‌هـای محکـم او بسـت.



«یکی از چیزهایی که دوست دارم»

دیوید آتنبرو جوان تکه‌های تخم یک پرنده‌ی فیلی را کنار هم چید.

مارکوپولو، ماجراجوی ونیزی قرون وسطا هم به رخ اشاره کرده است. او می‌گوید رخ انقدر بزرگ بود که می‌توانست فیلی را بلند کرده و آن را از ارتفاع بالایی رها کند و بکشد. جالب اینکه انگار او فکر می‌کرده رخ، بومی ماداگاسکار است. ماداگاسکار؟ همانجایی که ما بقایای پرندگان فیلی را پیدا کرده‌ایم. احتمالا افسانه‌ی رخ از روایت‌های مسافران درباره‌ی پرندگان غول‌پیکر ماداگاسکار شروع شد؛ در شایعات بعدی در بزرگی آن‌ها اغراق شد و این حقیقت مهم هم فراموش شد – که شاهدان عینی می‌دانستند اما شایعه‌پراکنان نه – که آن‌ها نمی‌توانستند پرواز کنند. پرندگان فیلی در همین اواخر و احتمالا در قرن چهاردهم میلادی منقرض شدند؛ شاید مثل مواها به دست انسان‌های تازه‌واردی که آن‌ها و تخم‌هایشان را می‌خوردند، برای کشاورزی جنگل‌ها را نابود می‌کردند و سکونت‌گاه پرندگان خارق‌العاده

را از بین می‌برند منقرض شدند. به نظر می‌رسد که برای احیا شدن‌شان از دی‌ان‌ای پوست تخم‌هایشان که هنوز در سواحل غنی از فسیل ماداگاسکار پیدا نشده‌اند احتمالا امیدی وجود داشته باشد. شاید برای موآها هم این احتمال وجود داشته باشد. این اتفاق شگفت‌انگیز نخواهد بود؟ اتفاقا اینکه نزدیک‌ترین خویشاوند زنده‌ی پرندگان فیلی غول‌پیکر، کیوی نیوزلندی‌ست که کوچک‌ترین عضو دسته‌ی بی‌تیغه‌ها هم هست حقیقت حیرت‌آوری‌ست.

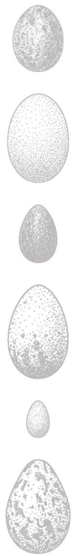
در یکی از سواحل ماداگاسکار دیوید اتنبرو به مردم برای پیدا کردن تکه‌های تخم‌ها پول داد؛ تکه‌هایی که او و عوامل فیلمبرداری با چسب کنار هم چیدند تا پوسته‌ی تخم یک پرنده‌ی فیلی را تقریبا احیا کنند. این تخم‌ها حدودا ۱۵۰ برابر تخم‌مرغ صبحانه هستند که برای صبحانه‌ی یک گروه‌ها کافی‌ست. پوست

تخم‌های پرنده‌ی فیلی حدودا به ضخامت شیشه‌های تقویت شده‌ی جلوی اتومبیل هستند. اگر بخواهید آن را برای صبحانه‌ی گروهان درست کنید؛ حس می‌کنید که به یک تبر برای شکستنش نیاز است. حالا این سوال پیش می‌آید که جوجه‌ها چگونه از آن‌ها بیرون می‌آمدند.

این هم یکی از مواردی است که نشان دهنده‌ی هزینه-فایده‌ای بودن فرگشت – میان‌گیری – مثل اقتصاد است. هرچقدر پوست تخم‌ها ضخیم‌تر باشد از شکسته شدن توسط شکارگران یا وزن والدین در هنگام نشستن روی آن‌ها مصون‌تر است. اما پوست ضخیم برای شکستن و بیرون آمدن جوجه

سختی ایجاد می‌کند و هر چقدر ضخیم‌تر باشد منابع ارزشمند بیشتری مثل کلسیم را جذب خود می‌کند. تئوریسین‌های فرگشتی عاشق صحبت کردن درباره‌ی هزینه-فایده‌های بین «انتخاب‌های گزینشی» هستند. انتخاب‌های گزینشی مختلف همواره گونه‌های در حال فرگشت را به مسیرهای مختلفی سوق می‌دهند که به میان‌گیری‌های چندگانه می‌انجامد. انتخاب طبیعی از طریق شکارگران فشاری اعمال می‌کند که در طول زمان فرگشتی به فرگشت پوست‌های ضخیم منجر می‌شود. اما هم‌زمان مردن جوجه‌های گیر افتاده درون پوست‌های ضخیم و محکم تخم‌ها، فشار متقابلی بر پوست‌های

نازک‌تر ایجاد می‌کند. جوجه‌هایی که احتمال گیر افتادن‌شان در تخم کمتر است ژن‌های ساخت پوسته‌های نازک‌تر را به ارث می‌برند. از طرفی، همان ژن‌ها تخم‌هایی را درست کرده‌اند که شکستن‌شان برای شکارگرها راحت است. تا جایی که به ضخامت پوسته تخم مربوط می‌شود بعضی از جوجه‌ها به دلیلی می‌میرند که دیگر جوجه‌ها به دلیل متضاد آن مرده‌اند. با گذشت نسل‌ها تخم معمولی به ضخامت متوسطی که میانگین فشارهای متقابل است می‌رسد.



تخم‌های پرنده

در پرندگانی که پرواز می‌کنند فشار دیگری هم ایجاد می‌شود که نیاز به سبک بودن است. پرنده‌ها با داشتن استخوان‌های پوک در بخش‌های مختلف بدن‌شان و نه کیسه‌ی هوایی، برای پایین آوردن وزن خود زحمت بسیاری را متحمل شده‌اند. بیشتر این دستاوردهای خوب می‌تواند با داشتن تخم‌های سنگین از

بین برود. بدون شک دلیل هر بار حمل تنها یک تخم کامل در بدن‌شان هم همین است. یک لانه شاید تخم‌های زیادی داشته باشد اما والدین تا وقتی که آخرین تخم را نگذاشته‌اند روی آن‌ها نمی‌خوابند برای اینکه جوجه‌ها در یک زمان از تخم بیرون بیایند. بعضی از پرندگان شکاری میانگین بی‌رحمانه‌ی دیگری را از خود نشان می‌دهند. مادرها بیشتر از حد انتظار تخم‌گذاری می‌کنند. اگر سال غذایی بسیار خوبی باشد همه‌ی آن‌ها رشد می‌کنند اما در یک سال معمولی انتظار می‌رود که کوچک‌ترین جوجه بمیرد – اغلب به دست خواهرها و برادرانش کشته شود. کوچک‌ترین جوجه می‌تواند به‌عنوان بیمه‌ی عمر ویژه‌ای برای جوجه‌های بزرگ‌تر تلقی شود.

پستانداران معمولا متفاوت‌اند و فشار گزینشی سبک

بودن را ندارند. پستانداران حامله اغلب رویان‌های زیادی را همزمان حمل می‌کنند. (رکورد حمل سی و دو رویان همزمان در دستان تیغ‌پشت ماداگاسکاری است). اما برای خفاش‌ها به دلیلی که برای پرندگان برشمردیم، چندقلوزایی وجود ندارد. برای انسان‌ها هم اینگونه نیست اما دلیل متفاوتی دارد. ما به دلیل داشتن مغزهای بزرگ، چندقلوزایی بزرگ نداریم. حال دلیل (بدون شک خوب) داشتن مغزهای بزرگ‌مان هرچه که باشد، زایمان را به شدت سخت و دردناک می‌کنند. قبل از پزشکی مدرن درصد شوکه کننده‌ی بالایی از زن‌ها در هنگام تولد نوزاد می‌مردند و مشکل اصلی سر بزرگ بچه‌ها بود. بار دیگر میان‌گیری

در فرگشت را می‌بینیم. بچه‌ها با نسبتا زود به دنیا آمدن‌شان مادرها را در خطر کمتری قرار می‌دهند، اما نه آنقدر زود که بقای خود را به خطر بیندازند. اما اندازه‌ی سر آن‌ها برای راحتی زایمان مادر همچنان خیلی بزرگ است و دوقلوها یا چندقلوهای زیادتر مشکل را بدتر می‌کنند. کودکان انسان به دلیل فشار تولد زودهنگام در مقایسه با دیگر پستانداران به‌طور غیرمعمولی به والدین‌شان وابسته هستند. ما تا تقریبا یک سالگی‌مان نمی‌توانیم راه برویم. کل‌های یال‌دار می‌توانند در روزی که به دنیا می‌آیند حرکت کنند. آن‌ها هم به این دلیل تنها به دنیا می‌آیند که تقریبا بعد از بیرون آمدن از رحم، بتوانند راه بروند – یا حتی

بدونـد. اگـر چندقلـو بـه دنیـا مـی‌آمدنـد
آنقـدر بـزرگ نمی‌بودنـد کـه بتواننـد بـا
گلـه‌ی مهاجـر همـراه شـوند.

تکنولـوژی بشـر مملـو از فشـارهایی اسـت کـه در مسـیرهای مغایـر وارد مـی‌شـوند. در ایـن مـورد فشـار در زمـان فرگشـتی اعمـال نمـی‌شـود بلکـه در مقیـاس زمانـیِ طرح‌هـای موفـقِ روی میزهـای طراحـی اعمـال مـی‌شـود. هواپیماهـا نیـاز اسـت ماننـد پرنـدگان تـا جایـی کـه مـی‌شـود سـبک باشـند؛ امـا نیـاز اسـت کـه ماننـد پوسـت تخـم پرنده‌هـای فیلـی محکـم هـم باشـند. ایـن دو ایـده بـا هـم ناسـازگارند پـس بایـد طـوری کـه قبـلا دیدیم بـا میان‌گیـری، تناسـب ایجـاد شـود. سـفر هوایـی می‌توانـد امن‌تـر از آنچـه کـه الان هسـت باشـد؛ امـا نـه فقـط بـه بهـای مالـی بلکـه رنجش‌هـای ناخوشـایند و تاخیـر در پروازهـا کـه بـه همیـن دلیـل در اینجـا هـم بایـد تناسـبی ایجـاد شـود.

اگر امنیت ارزش بی‌نهایتی داشت باید هر مسافر کاملا بازرسی بدنی می‌شد و داخل هر چمدان هم توسط ماموران جستجو می‌شد. اما سبک و سنگین کردن باعث جلوگیری از چنین افراطی‌گری‌های بی‌رحمانه شده است. ما کمی ریسک می‌کنیم. شاید این عبارت مخالفت ایده‌آلیست‌های ناواقع‌بین که مانند اقتصاددان‌ها فکر نمی‌کنند را به دنبال داشته باشد اما: زندگی انسان ارزش بی‌نهایتی ندارد. ما به آن ارزش پولی می‌دهیم. برای هواپیماهای نظامی و غیرنظامی میان‌گیری امنیتی متفاوتی در قانون پیش‌بینی شده است. سبک و سنگین کردن‌های اقتصادی، تناسب و میان‌گیری از اصول تکنولوژی و فرگشت هستند که بعدتر هم در کتاب مطرح خواهند شد.

چرا خفاش‌ها تنها پستاندارانی هستند که واقعا پرواز می‌کنند؟ در واقع خفاش‌ها نماینده‌ی بخش بزرگی از تمام پستانداران

هستند. حدود یک پنجم از تمام گونه‌های پستانداران را خفاش‌ها تشکیل می‌دهند. اما چرا شیرهای بال‌داری را نمی‌بینیم که غرش‌کنان به دنبال بزهای کوهی بال‌دار بروند؟ اتفاقا پاسخ دادن به این پرسش آسان است. شیرها و بزهای کوهی خیلی بزرگ هستند. موش‌های پرنده چطور؟ حدود ۴۰ درصد از تمام گونه‌های پستانداران را جوندگان تشکیل می‌دهند. چرا هیچ‌کدام از آن‌ها در طول ۵۰ میلیون سال از تاریخ فرگشتی خود بال نداشتند؟ احتمالا جواب این است که خفاش‌ها زودتر از همه به بال رسیدند. حدس من این است که اگر پاندمی بزرگی تمام خفاش‌ها را از بین ببرد جوندگان از فرصت استفاده کرده و به پرواز کنندگان واقعی و نه سرخورنده (که همین الان هم هستند) بدل خواهند شد. اما نباید مسائل اقتصادی را فراموش کنیم. رشد بال‌ها هزینه‌بر بوده و استفاده کردن از بال‌ها حتی

هزینه‌برتر است، به ویژه بال زدن. بال‌ها باید هزینه‌ی خود را توجیه کنند و همان‌طور که درباره‌ی مورچه‌ها دیدیم بال‌ها می‌توانند دست‌وپاگیر باشند. داشتن بال برای موجودی مثل موش صحرایی برهنه (گودال‌کن‌های کوچکی که به طرز باشکوهی زشت هستند و در گروه‌های اجتماعی با «ملکه‌ای» ابرمولد زندگی می‌کنند؛ تقریبا مشابه مورچه‌ها و موریانه‌ها) که در زیر زمین زندگی می‌کند مانع خواهد بود.

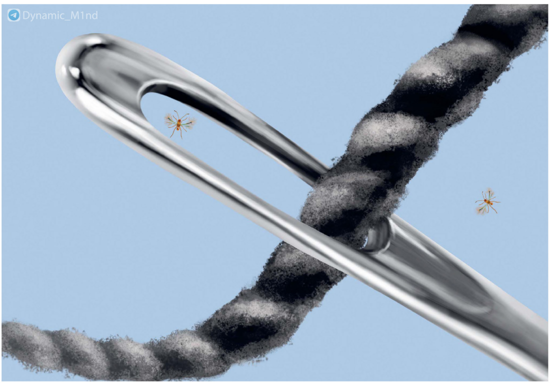
اکنون فهرستی از روش‌هایی که حیوانات توانسته‌اند با وجود جاذبه برای رفتن به زیر زمین از آن‌ها استفاده کنند را برمی‌شماریم. آسان ترین و کم زحمت‌ترین راه رسیدن به زیر زمین که احتمالا راحت‌ترین راه هم است: برعکس رخ افسانه‌ای یا پرنده‌ی وحشت و شترمرغ واقعی این است: بزرگ نباش. کوچک باش.



شیربال‌دار

فصل ۴

اگر کوچک باشی پرواز کردن راحت است



فصل ۴

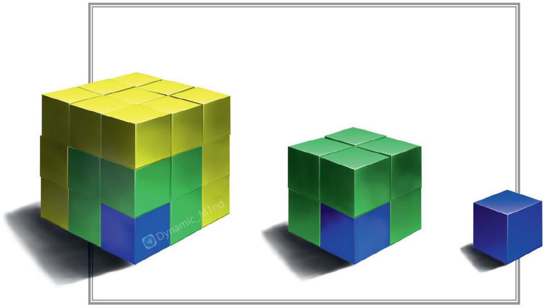
اگر کوچک باشی پرواز کردن راحت است

حیف شد که پری‌های کاغذی وجود نداشتند. چون برخلاف فرشتگان یا بوراق یا پگاسوس، آن کوتوله‌های خیالی برای راحت پرواز کردن اندازه‌ی مناسبی داشتند. هرچقدر که بزرگ‌تر باشی پرواز کردن سخت‌تر و سخت‌تر خواهد بود. اگر به اندازه دانه‌ی گَرده یا پشه کوچک باشی به تلاش بسیار کمی برای پرواز کردن نیاز داری. تقریبا می‌توانی روی نسیم شناور بمانی. اما اگر به بزرگی یک اسب باشی پرواز کردن اگر غیرممکن نباشد، تقلایی نامحدود خواهد بود.

چرا اندازه مهم است؟ دلیلش جالب است. اکنون به کمی ریاضیات نیاز داریم.

اگر اندازه‌ی هر چیزی دو برابر شود (مثلا طول یا ابعاد دیگر به نسبت بیشتر شوند)، شاید تصور شود که حجم و وزن هم دو برابر خواهند شد. اما در واقع هشت برابر سنگین‌تر می‌شود (۲ × ۲ × ۲). این برای هر شکلی صادق است که شامل مردم، پرندگان، خفاش‌ها و هواپیماها، حشرات و اسب‌ها می‌شود؛ اما می‌توانیم در اسباب‌بازی آجر مربعی کودکان واضح‌تر آن را ببینیم. اگر بخواهیم یک آجر مکعبی را دو برابر بزرگ‌تر با همان شکل درست کنیم، به چند آجر نیاز خواهیم داشت؟ به هشت آجر، که هشت برابر یک آجر هم‌شکل وزن دارند. حالا اگر بخواهیم سه برابر بزرگ‌تر باشد به بیست و هفت آجر: ۳ × ۳ × ۳، یا ۳ به توان سه. اما اگر بخواهیم در هر بعد ده آجر استفاده کنیم احتمالا آجرهایمان تمام خواهد شد چون ۱۰ به

تـوان ده (۱۰۰۰) آجـر، خیلـی زیـاد اسـت.



چیزهای کوچک مساحت سطح نسبتا بزرگی دارند

اگر چیزی را افزایش دهید، حجم آن (و در نتیجه وزن) بیشتر از سطح آن افزایش می‌یابد. این به راحتی با آجر قابل مشاهده است، اما در مورد همه چیز، از جمله حیوانات هم صادق است.

هـر شـکلی را در نظـر بگیریـم و انـدازه‌اش را بـا عـددی بزرگ‌تـر کنیـم، حجـم آن (و وزن کـه مشـخصا روی پـرواز تاثیـر می‌گـذارد) همـواره بـا مکعـب عـدد بـالا خواهـد رفـت: عـددی کـه بـه تـوان سـه می‌رسـد. ایـن محاسـبه نـه تنهـا بـرای

آجرها بلکه برای هر شکلی صادق است. اما درحالیکه با بزرگ شدن شکل، وزنش با توان سه افزایش می‌یابد، مساحت سطح آن با توان دو افزایش می‌یابد. اگر رنگ مورد نیاز برای رنگ کردن یک آجر را اندازه‌گیری کنیم و بعد مربعی درست کنیم که هر جهتش یک آجر دارد؛ برای رنگ کردنش چه مقدار رنگ نیاز داریم؟ نه دو برابر و نه هشت برابر بلکه چهار برابر رنگ نیاز می‌شود. حال اگر ده آجر در هر جهت داشته باشیم می‌دانیم که هزار برابر سنگین‌تر خواهد بود: به ۱۰۰۰ برابر مواد بیشتر نیاز خواهیم داشت. اما تنها ۱۰۰ برابر رنگ بیشتر نیاز خواهد بود. پس هر چقدر اندازه کوچک‌تر باشد، مساحت سطح نسبت به وزن بیشتر خواهد بود. به مساحت سطح و دلیل مهم بودنش در فصل بعدی خواهیم پرداخت. در اینجا کافی است که بگوییم سطح بزرگ لازمه‌ی پرواز کردن است.

به دنبال بلندپروازی‌های خیالی که با آن‌ها شروع کردیم، فرشته‌ای همانند یک شخص با بال را در نظر بگیرید. فرشته‌ی مقرب جبرئیل معمولا در نقاشی‌ها با قد یک فرد معمولی، ۱۷۰ سانتی‌متر مثلا، نقاشی شده است. تقریبا ده برابر بلندتر از پری‌های کاغذی که یعنی جبرئیل ده برابر از پری‌ها سنگین‌تر نبوده است بلکه ۱۰۰۰ برابر سنگین‌تر بوده است. فکر کنید که بال‌ها چقدر باید سخت‌تر تلاش می‌کردند تا فرشته را از زمین بلند کنند و مساحت سطح بال‌های بزرگ شده، هزار برابر نبود بلکه تنها صد برابر بود.



برای لئوناردو این سوال پیش آمده بود که بال‌های جبرئیل خیلی کوچک نیستند؟

تابلوی بشارت – اما با بال‌هایی که به اندازه کافی بزرگ شده‌اند تا جبرئیل را از زمین بلند کنند. با این حال، او عضلات عظیم سینه را که برای تقویت آن‌ها لازم است و استخوان جناغ سینه برای اتصال ماهیچه‌ها را در کجای بدنش می‌تواند تعبیه کند؟ لئوناردو کالبدشناس خوبی بود که سوالی برایش پیش نیامده بود.

اگر از گالری اوفیتزی در فلورانس دیدن کرده باشید، اثر زیبا و محصورکننده‌ی «بشارت» از لئوناردو داوینچی را دیده‌اید. این اثر جبرئیل فرشته را در کمال تعجب با بال‌هایی کوچک نشان می‌دهد. این بال‌ها برای از زمین بلند کردن یک کودک ضعیف خواهند بود چه برسد

به جبرئیلی که لئوناردو به اندازه‌ی مرد بزرگی (ولو با ویژگی‌های زنانه) نقاشی کرده است. گفته شده است که لئوناردو بال‌ها را حتی کوچک‌تر هم کشیده بود و آن‌ها توسط هنرمند دیگری بزرگ‌تر شدند. البته به اندازه‌ی کافی بزرگ نشدند. ما نقاشی را دستکاری کردیم تا بال‌ها را با هدف‌شان متناسب‌تر کنیم که متاسفانه زیبایی نقاشی خراب شد.



مرغ مگس خوار کوچک، استخوان جناغ سینه‌ی بزرگ

ببینید استخوان جناغ سینه، حتی در چنین پرنده‌ی کوچکی، چقدر به‌نسبت بزرگ است. باید بزرگ باشد تا از ماهیچه‌های پرواز گران قیمت پشتیبانی کند.

در «بشارت» لئوناردو، پایه‌ی بال‌ها - برخلاف بقیه‌ی عناصر دقیق نقاشی - ناشیانه کشیده شده است، طوری که انگار لئوناردو از چرند بودن آن خجالت‌زده است. احتمالا برای کالبدشناس بزرگ این سوال پیش آمده بود که آیا

فرشتگان عضلات بزرگ مورد نیاز برای پرواز و استخوان جناغ سینه‌ای که به بال‌ها متصل شود را دارند؟ اگر او تیغه‌ی جناغ سینه‌ی لازم را نقاشی می‌کرد به نزدیکی میزی که مریم باکره پشتش نشسته می‌رسید. پگاسوس که اسب خیلی سنگین‌وزن‌تری است به تیغه‌ی جناغ سینه‌ی عمیق‌تری نیاز داشت. تیغه‌ی جناغ سینه‌ی بوراق هنگام راه رفتن به زمین برخورد می‌کرد. به تیغه‌ی جناغ سینه‌ی نسبتا سترگ مرغ مگس‌خوار که خلبان نیرومندی هم هست توجه کنید. فکر کنید تیغه‌ی جناغ سینه‌ی پگاسوس چقدر باید به‌نسبت بزرگ‌تر می‌بود. درواقع خفاش‌ها همان نوع از تیغه‌ی جناغ سینه‌ی پرندگان را ندارند اما استخوان‌های سینه‌ی بزرگ و قدرتمندی برای این کار دارند.

کوچک بودن بال‌های جبرئیلِ لئوناردو مسلم است. اما چگونه می‌توانیم اندازه‌ی واقعی

بال‌هایی را که می‌توانند موجودی به اندازه‌ی انسان را به پرواز در بیاورند حساب کنیم؟ اگر مثل طراحان شرکت بوئینگ یا ایرباس می‌توانستیم از ریاضیات باله‌های ثابت هواپیما استفاده کنیم که محاسبات سختی هم دارد، کارمان راحت‌تر می‌شد اما بال‌های زنده فرم خود را در لحظه تنظیم می‌کنند. بدتر اینکه آن‌ها در الگوهای پیچیده‌ای بال می‌زنند و حتی برآیند پیچانه‌ها و گردبادهای هوا محاسبه را سخت‌تر هم می‌کنند. احتمالا راحت‌ترین روش کنار گذاشتن محاسبات تئوری و پیدا کردن پرنده‌ای به بزرگی انسان است.

مثل شترمرغ تمام پرندگان بزرگ در حال حاضر بی‌پرواز هستند. اما چند پرنده‌ی پروازی منقرض شده هم‌وزن انسان بودند. دریامرغ یک پرنده‌ی دریایی غول‌پیکر بود و احتمالا مثل آلباتروس زندگی و پرواز می‌کرد و همان بال‌های نازک و بلند را داشت اما دو

برابـر بزرگ‌تـر. او برخـلاف آلباتروس‌هـا دنــدان داشـت – خـب، دنـدان واقعـی نـه بلکـه سـیخ‌های در امتــداد منقـار کـه ماننـد دنــدان بودنــد و مثــل آن کار می‌کردنــد کــه احتمــالا بــرای گرفتــن ماهــی و جلوگیــری از فــرارش اســتفاده می‌شــدند. بعدتــر خواهیــم دیــد کــه آلباتروس‌هــا در اغلــب اوقــات بــا بهره‌گیــری از بادهایــی کــه موج‌هــا را بــرش می‌دهنــد بــا روش خــاص و ماهرانــه‌ای بــالا می‌رونــد و احتمــالا دریامرغ‌هــا هــم از ایــن روش اســتفاده می‌کردنــد. طــول بال‌هــای دریامــرغ بــه ۶ متــر می‌رســید.

آرژانتین‌مــرغ پرنــده‌ای بزرگ‌تــر یــا حداقــل ســنگین‌تر از دریامــرغ بــا طــول بال‌هــای تقریبــا مشــابهی اســت و معنــای نــام لاتیــن آن «پرنــده‌ی باشــکوه آرژانتیــن» می‌شــود. آرژانتیــن مــرغ احتمــالا بــا رُخ‌کرکس‌هــای آنــد امــروزی کــه پرنــدگان شــکوهمند بزرگــی هســتند (افســوس کــه در معــرض خطــر انقــراض هســتند)، خویشــاوند

بود. اما آرژانتین‌مرغ به مراتب بزرگ‌تر بود و تقریبا ۸۰ کیلوگرم وزن داشت که به اندازه‌ی مرد بزرگسال قوی هیکلی بود؛ با این ملاحظه که احتمالا بیشتر وزنش باید در بال‌هایش بوده باشد. بال‌هایش بسیار پهن‌تر از بال‌های آلباتروس یا دریامرغ و بیشتر شبیه به رخ‌کرکس آند بود و با مساحت بسیار بیشتری که برای حمل پرنده‌ای با وزنی بیشتر از ده آلباتروس مورد نیاز بود. مساحت بال‌های آرژانتین‌مرغ حدود ۸ متر مربع برآورد شده است که تقریبا هم‌اندازه‌ی یک چتر نجات ورزشی امروزی است. منطقی است که فکر کنیم آرژانتین‌مرغ‌ها اغلب اوقات در جریان‌های هوایی بالادستی پرواز کرده و اوج می‌گرفتند و هر از گاهی بال می‌زدند.

احتمالا بزرگترین حیوان پروازی تمام دوران، کتزلکوآتلوس بوده باشد که یک پرنده نبود بلکه پتروسور بود. پتروسورها گروه بزرگی از

خزنـدگانِ پرنـده بـه نـام بال‌انگشتی‌سـانیان بودنـد؛ بـا اینکـه از نظـر فنـی ایـن نـام گونـه‌ای از پتروسورهاسـت کـه خیلـی کوچک‌تـر از کتزلکوآتلـوس هسـتند. پتروسـورها، دایناسـورهای واقعـی نبودنـد بلکـه بـا آن‌هـا خویشـاوند بودنـد و همزمـان بـا انقـراض بـزرگ دایناسـورها در پایـان دوره‌ی کرتاسـه آن‌هـا نیـز از بیـن رفتنـد.



بزرگترین حیواناتی که تا به‌حال پرواز کرده‌اند

دریامرغ و آرژانتین‌مرغ منقرض شده در قیاس با یک چترباز.



کتزلکوآتلوس احتمالا بزرگترین حیوانی بود که تا به حال پرواز کرده است.

البته، هرگز با یک زرافه ملاقات نکرد – شاید ۷۰ میلیون سال فاصله بین‌شان بوده است. اما اگر آن‌ها می‌توانستند با هم ملاقات کنند، صورت به صورت همدیگر را نگاه می‌کردند. می‌توانی پرواز یک زرافه را تصور کنی؟

کتزلکوآتلوس‌ها هیولاوار بزرگ بودند. طول بال‌هایشان ۱۰ تا ۱۱ متر بود که با هواپیماهای سسنا و پایپرکاب قابل قیاس‌اند و از تمام

پرنـدگان از جملـه آرژانتین‌مـرغ هـم بزرگ‌تـر بودنـد. درحالـت ایسـتاده می‌توانسـتند بـا زرافـه چشـم درچشـم شـوند. احتمـالا بـر روی پاهـای عقـب و زانوهـای پاهـای جلویـی بـا بال‌هـای بسـته می‌توانسـتند بایسـتند. کتزلکوآتلوس‌هـا بـه لطـف اسـتخوان‌های پوک‌شـان (کـه در تمـام مهـرداران پرنـده وجـود دارنـد) یک‌چهـارم وزن یـک زرافـه را داشـتند. احتمـالا هـم ماننـد پرنـدگان خیلـی بـزرگ بیشـتر زمـان پروازشـان را صـرف بال‌بـازروی می‌کردنـد. بـه محـض پـرواز کـردن احتمـالا می‌توانسـتند مـدت زمـان زیـادی در پـرواز باشـند و فواصـل بسـیار طولانـی را بـا سـرعت بـالا بپیمایند. کتزلکوآتلوس‌هـا بـه حـد اعـلای انـدازه‌ای کـه می‌شـود بـا عضـلات پـرواز کـرد رسـیدند. حـدس می‌زنـم کـه بال‌بـازروی از مکان‌هـای مرتفـع را ترجیـح می‌دادنـد امـا اگـر از زمیـن پـرواز را شـروع می‌کردنـد برایشـان مشـکل سـختی می‌بـود. ممکـن بـود از پاهـای

جلویی خود برای رفتن به هوا استفاده کنند. شاید سوال پیش بیاید که چطور در حیوان پرنده چنین گردن بلندی، چنین سر بزرگی را می‌تواند حمایت کند؟ اخیرا تحقیقی نشان داده است که استخوان مهره‌ی گردن‌شان عمدتا پوک بوده (برای سبُک‌وزن بودن) و دارای شبکه‌ای از پایه‌های استحکام دهنده‌ای که مانند پره‌های چرخ دوچرخه، از درون کانونی که طناب عصبی نخاع از آن می‌گذشت، از مرکز به بیرون منشعب بودند.

نمی‌دانیم که آیا این خلبانان قدیمی، بزرگ و چرمی می‌توانستند بال بزنند یا فقط بال‌بازروی و اوج‌گیری می‌کردند. این تفاوت مهمی است که در فصل‌های بعدی به آن برخواهیم گشت.

پرواز تنها چیزی نیست که با بزرگ‌تر شدن سخت‌تر می‌شود.

راه رفتن هم همین‌طور است. حتی ایستادن. غول‌های داستان‌ها به شکل انسان‌های حجیم‌تر شده، و اکثر اوقات زشت، تصویر شده‌اند. اگر استخوان‌های غول آدم‌خوار ۹ متری، استخوان‌های حجیم شده‌ی انسانی عادی بودند، زیر بار وزنش خورد می‌شدند. او پنج برابر یک فرد ۱۸۰ سانتی‌متری وزن نمی‌داشت بلکه وزنش ۱۲۵ برابر بیشتر از او می‌بود. استخوان‌های این غول برای جلوگیری از افتادن در انبوه شکستگی‌های دردناک، باید ضخامت بیش از حدی نسبت به استخوان‌های انسان معمولی می‌داشت. استخوان‌هایش مانند استخوان‌های فیل‌ها و دایناسورهای بزرگ باید به ضخامت تنه‌ی درخت می‌بودند که نامتناسب

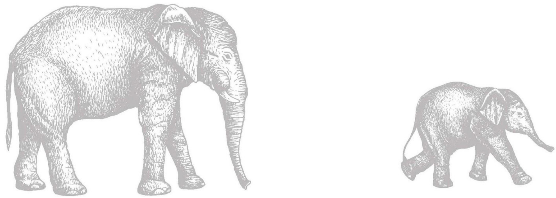
با طول‌شان می‌شدند.

در فرگشت، تغییر اندازه، به هر طرفی، یکی از ساده‌ترین چیزها برای حیوانات است. همان‌طور که در صحبت‌مان درباره‌ی دودوهای موریس دیدیم، حیواناتی که به جزیره‌ها می‌روند اغلب به سمت بزرگ‌تر شدن فرگشت می‌یابند – غول‌پیکری جزیره‌ای. تازه‌واردان جزیره‌ها احتمال دارد به‌طور گیج کننده‌ای در شرایط دیگری، به سوی کوچک‌تر شدن فرگشت یابند – کوتولگی جزیره‌ای – مانند فیل‌های مینیاتوری ۱ متری که در کرت، سیسیل و مالت زندگی می‌کردند و دلربا بودند. قانون فاستر بیان می‌کند که حیوانات کوچکی که به جزیره‌ای

می‌رسند معمولا بزرگ‌تر می‌شوند درحالیکه حیوانات بزرگ‌تر معمولا کوچک‌تر می‌شوند. مطمئن نیستم که چقدر واضح دلیل این اتفاق را می‌دانیم. یکی از دلایل پیشنهادی این است که حیوانات شکارشونده (که معمولا کوچک هستند) به خاطر نبود شکارچی بزرگ‌تر می‌شوند اما کوچک‌تر شدن حیوانات بزرگ به دلیل محدودیت غذا در محیط‌های کوچک جزایر است.

تا الان متوجه شدیم که تغییر فرگشتی اندازه، نمی‌تواند یک حجیم‌تر شدن یا کم‌حجم شدن ساده باشد. و به دلیل قوانین ریاضی‌ای که قبل‌تر در مثال آجرهای چوبی اسباب‌بازی دیدیم، نسبت‌ها

هـم بایـد تغییـر کننـد. تمـام اندام‌هـای حیـوان بایـد تغییـر کننـد. حیواناتـی کـه بـه انـدازه‌ی کوچک‌تـری فرگشـت می‌یابنـد بیشـتر عنکبوت‌ماننـد و دوک‌وار می‌شـوند. حیواناتـی کـه بـه انـدازه‌ی بزرگ‌تـر فرگشـت می‌یابنـد بایـد دسـت و پاهـای ضخیم‌تـر و تنه‌درختی‌تـری بـه وجـود بیاورنـد. نـه تنهـا اسـتخوان‌ها بلکـه تمـام ابعـاد حیـوان بایـد تغییـر کننـد تـا بـا تغییـر انـدازه هماهنـگ شـوند – همان‌طـور کـه در فصـل بعـدی خواهیـم دیـد – قلـب، کبـد، ریـه، روده و بقیـه‌ی اندام‌هـا هـم بـه همـان دلایـل ریاضـی‌ای کـه در شـروع ایـن فصـل دیدیـم بایـد تغییـر کننـد.



فیل

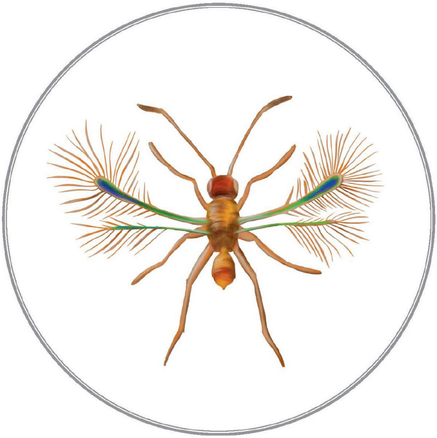
برگردیم به تیتر این فصل؛ اگر مثل یک پشه یا پری خیلی کوچک باشی، پرواز کردن آسان است. کوچک‌ترین بادی می‌تواند تو را مثل پارچه‌ای توری یا مثل خار و خاشاک با خود ببرد. اگر هم به بال نیاز داشته باشی احتمالا برای بلند شدن از زمین کمتر مورد استفاده باشد و بیشتر برای راهبری در پرواز کاربرد داشته است.

بال‌های پری‌های کاغذی می‌توانستند خیلی کوچک باشند و بدون تلاش زیاد عضلانی بال بزنند. نام پری داستان پیتر پن، تینکربل بود. کوچک‌ترین حشره‌ی پرنده «مگس پریسا» (که در واقع یک زنبور بی‌عسل است اما مهم

نیست) نام دارد و نام لاتین یکی از گونه‌های مگس پریسا، «تینکربلا نانا» است («نانا» نام دایه‌ی سگ گوسفند بچه‌های دارلینگ در پیتر پن است). «پرهای» لطیف تینکربلا نانا از نظر فنی بال محسوب می‌شوند اما او احتمالا مانند پارو برای «پارو زدن» در هوایی که در آن شناور است از آن‌ها استفاده می‌کند تا اینکه بال‌ها برایش بالا روی محسوسی فراهم آورند. دیگر گونه‌های مگس پریسا بال‌هایی دارند که بیشتر شبیه به بال‌های متداول هستند. مگس‌های پریسا کوچک‌ترین حیوانات پرنده‌ی شناخته شده هستند. حشره‌هایی به کوچکی آن‌ها می‌توانند بدون هیچ مشکلی در هوا بمانند. اما در مقابل، برگشتن به روی زمین کار سختی برای آن‌ها خواهد بود.

کوچک بودن خیلی خوب است. اما اگر به دلیلی نیازمند بزرگ شدن و در عین حال پرواز کردن باشید چه؟ حتی با وجود هزینه‌های

اقتصادی بالا، دلایل خوب زیادی برای بزرگ بودن وجود دارد. حیوانات کوچک در برابر خورده شدن آسیب پذیر هستند. آن‌ها نمی‌توانند طعمه‌های بزرگ را بگیرند و برای رقابت درون گونه‌ای، اگر از رقیب جفتگیری خود بزرگ‌تر باشند، احتمالا برای تهدید کردن‌شان کار راحتی خواهند داشت. اگر به هر دلیلی بخواهی بزرگ باشی و هنوز به پرواز کردن احتیاج داشته باشی باید راه‌حل دیگری برای بلند شدن از زمین پیدا کنی. در فصل بعد به توضیح این مسئله خواهیم پرداخت.



مگس پریسا

تصویری که درابتدای فصل قرار دارد، آن را در حال پرواز از درون سوراخ سوزن نشان می‌دهد. طول بال‌ها تقریبا ۰٫۲۵ میلی‌متر است.

فصل ۵

اگر باید بزرگ باشی و پرواز کنی، مساحت سطح خود را بیش از حد زیاد کن.





سنجاب پرنده

سنجاب پرنده، یا سنجاب چترباز که نام بهتری خواهد بود. «بال‌پوست»، لایه‌ای پوستی که بین اندام‌ها کشیده شده است، سطح حیوان را افزایش می‌دهد و به آن اجازه می‌دهد با خیال راحت از درختی به درخت دیگر سر بخورد.

فصل ۵

اگر باید بزرگ باشی و پرواز کنی، مساحت سطح خود را بیش از حد زیاد کن.

فصل قبلی نشان داد که حیوانات کوچک به‌طور خودکار مساحت سطح بزرگی نسبت به وزن‌شان دارند. به همین دلیل هم پرواز کردن برایشان آسان است. ما این را در مثال آجرهای اسباب‌بازی با محاسبات ریاضی دیدیم. مساحت سطح را با تعداد رنگ‌هایی که برای پوشاندن‌شان نیاز است محاسبه کردیم.. اگر فرشته‌ای همان اندام یک پری را داشته باشد اما ده برابر بلندتر از او باشد، مساحت پوست

فرشته مربع عدد ۱۰ یا ۱۰۰ برابر بیشتر از مساحت پوست پری خواهد بود در حالیکه حجم و وزنش ۱۰۰۰ برابر بیشتر می‌شود.

اما مساحت سطح چه کاربردی در پرواز کردن دارد؟ هر چقدر سطح بیشتر باشد مساحت بیشتری برای تماس با هوا وجود خواهد داشت. اگر دو بادکنک هم‌اندازه داشته باشیم و یکی از آن‌ها را آنقدر باد کنیم که مساحت سطح بزرگی پیدا کند و دیگری را کمتر باد کنیم و به‌طور همزمان هر دو را از بالای برج کج پیزا رها کنیم، کدام یک اول به زمین برخورد خواهد کرد؟ بادکنکی که کمتر باد شده، با اینکه سنگین‌تر هم نیست (در واقع کمی سبک‌تر هم هست). البته که اگر آن‌ها را در خلا رها می‌کردید همزمان با زمین برخورد می‌کردند (واقع‌بینانه بگوییم، در خلا بادکنک باد شده منفجر می‌شود اما نکته را متوجه شدید دیگر). من گفتم «البته که»، اما قبل از گالیله

این حرف همه را شگفت‌زده می‌کرد. گالیله نشان داد که حتی اگر یک توپ جنگی و یک پر در خلا رها شوند همزمان با زمین برخورد خواهند کرد.



هواپیمای دو باله

هواپیماهای آهسته برای تحمل وزن معین به یک سطح بال نسبتا بزرگ نیاز دارند. هواپیماهای دوباله در حال حاضر بسیار نادرتر از گذشته هستند و هیچ هواپیمای دوبالهی بسیار سریعی وجود ندارد.

سوال ما در این فصل این است که، اگر حیوانی به هر دلیلی احتیاج به بزرگ شدن داشته باشد اما در عین حال به پرواز کردن نیاز داشته باشد چه؟ با افزودن بیش از حد به مساحت سطح خود باید تعادل برقرار کند: رشد برآمدگیهای بدن مانند پر (در پرندگان) یا بالهی پوستی (در خفاشها یا تیروداکتیلها). بدن از هر مقدار مادهای که تشکیل شده باشد (حجم و وزن)، اگر کمی از آن حجم به سطح بزرگی برسد، قدمی به

سوی پرواز کردن برداشته شده است؛ یا حداقل آهسته پایین آمدن مثل چتر نجات یا شناور ماندن در نسیم. به همین دلیل نسخه‌ی ما از فرشته‌ی لئوناردو به آن بال‌های غول‌پیکر نیاز داشت. مهندسان این نکته را به صورت ریاضی با اصطلاح «بارگیری بال» بیان می‌کنند. بارگیری بال یک هواپیما، از تقسیم وزن هواپیما بر مساحت سطح بال به دست می‌آید. هر چقدر بارگیری بال بیشتر باشد، در هوا ماندن سخت‌تر می‌شود.

هواپیما – یا پرنده – هر چقدر سریع‌تر پرواز کند بالاروی بیشتری از هر سانتی‌متر مربع بال حاصل می‌شود. هواپیماهای سریع‌تر با وزن یکسان می‌توانند بال‌های کوچک‌تری داشته باشند. این توضیح می‌دهد که چرا هواپیماهای آهسته‌تر معمولا مساحت بال نسبتا بزرگ‌تری از هواپیماهای سریع دارند. قبل از رسیدن به سرعت‌های بالای امروزی،

هواپیماهای اولیه اغلب دو بال داشتند. در این حالت مساحت بال دو برابر می‌شود اما نیروی پسا هم افزایش می‌یابد. به همان دلیلی که گفته شد، هواپیماهای سه بال هم گاهی دیده می‌شدند.

☜ لحظه‌ای از موضوع پرواز دور شویم. ارتباط بین حجم و مساحت سطح در کالبدهای زنده بسیار مهم است. همان‌طور که بال‌ها مساحت سطح خارجی را افزایش می‌دهند که برای پرواز کردن اهمیت دارد، اندام‌های زیادی مانند ریه‌ها هستند که مساحت سطح داخلی را درهماهنگی با بزرگ‌تر شدن اندازه‌ی بدن افزایش می‌دهند.

حجم یا وزن یک حیوان سنجانه‌ی

خوبی برای فهمیدن تعداد سلول‌هایش است. حیوانات بزرگ سلول‌های بزرگ‌تری ندارند بلکه تعداد بیشتری از آن‌ها را دارند. هر کدام از آن سلول‌ها چه درون یک فیل یا یک موش باشند، باید با اکسیژن و دیگر مواد حیاتی تغذیه شوند. یک کک سلول‌های کمتری از یک فیل دارد و آن سلول‌ها هیچ‌گاه دور از هوا نیستند. اکسیژن راه زیادی را برای رسیدن به سلول‌ها نمی‌پیماید. یک فرد بزرگسال حدود ۳۰ تریلیون سلول دارد که تنها بخش بسیار کوچکی از آن‌ها سلول‌های پوستی در معرض هوا هستند. با اینکه مساحت سطح یک فرد بسیار بزرگ‌تر از یک کک است اما تعداد نسبتا کمتری از سلول‌های ما در سطح بیرونی

قرار دارند. ما حیوانات بزرگ کمبود سطح خارجی خود را با رشد سطح داخلی بزرگ‌مان که در معرض هوا است جبران می‌کنیم. وجود ریه‌ها به همین دلیل است. داخل ریه‌ها سیستم پیچیده‌ای از لوله‌های شاخه‌ای و زیرشاخه‌ای وجود دارد که به حفره‌های کوچکی به نام «کیسه‌های هوایی» می‌رسند. حدود ۵۰۰ میلیون کیسه‌ی هوایی در ریه‌ها قرار دارد که اگر کنار هم چیده شوند بخش اعظم یک زمین تنیس را خواهند پوشاند. این سطحی که در داخل بدن قرار دارد، در معرض هوا بوده و با رگ‌های خونی کاملا تغذیه می‌شود. حتی حشره‌ها با اینکه بسیار کوچک‌تر هستند با کمک سیستم داخلی لوله‌های هوایی شاخه‌ای که «نای» نام دارد

سطحِ در معرض هوای خود را افزایش می‌دهند. انگار که تمام بدن حشره یک ریه است.

رگ‌های خونی آنقدر در درون ریه‌های ما منشعب هستند که بتوانند در مساحت عظیم سطح داخلی از ریه‌ها اکسیژن گرفته و آن را به سلول‌های بدن برسانند. برای مثال به سلول‌های عضلانی که اکسیژن برای احتراق‌شان ضروری است. مویرگ‌های خونی محیط داخلی بسیار بزرگی را برای تغذیه‌ی تمام سلول‌ها دربرگرفته‌اند. یک سلول معمولی برای بقا نباید بیشتر از حدود ۵ درصد از یک میلیمتر، از نزدیک‌ترین مویرگ دورتر باشد. این فاصله چیزی حدود قُطر دو یا

سه سلول است. مویرگ‌ها مواد غذایی را از روده‌ها جذب می‌کنند. روده‌ها هم مساحت سطح داخلی بسیار بزرگی را دربرمی‌گیرند و بخش اعظم یک زمین تنیس را می‌توانند بپوشاند. با طول بلندشان در بدن، روده‌ها مانند یک کرم خاکی هستند، لوله‌ای مستقیم از یک سر کرم به سر دیگرش. درون کلیه‌ها هم لوله‌های کوچک بی‌شماری وجود دارد - که به مساحت عظیم سطح داخلی اضافه می‌کند - که خون را فیلتر کرده و از مواد زائد پاک می‌کند. اگر تمام رگ‌های خونی که بیشترشان مویرگ‌های ریز هستند، در امتداد هم قرار بگیرند بیش از سه بار دور کره‌ی زمین می‌چرخند. این مساحت سطح خارق‌العاده‌ای از ارتباط بین

خون و سلول‌ها را نشان می‌دهد. نه تنها ریه‌ها و روده‌ها بلکه بسیاری از اندام‌های بزرگ درون بدن مانند کبد، کلیه‌ها و... کاربردشان افزایش مساحت سطح موثر برای دسترسی خون به سلول‌ها است. شکاف‌ها و حفره‌های صخره‌ای مرجانی، شیارهای روی تنه‌ی درخت و برگ‌های غیرقابل شمارش یک جنگل مساحت سطح را بسیار بزرگ می‌کنند تا حیات کار خود را انجام دهد.

نتیجه‌ی انحراف از بحث اصلی این است که تیتر همین فصل: «اگر باید بزرگ باشی مساحت سطح خود را افزایش بده»، نه فقط در پرواز کردن بلکه در نفس کشیدن، گردش خون، هضم غذا، دفع مواد زائد و تمام چیزهایی که در درون حیوان و ظاهر بیرونی آن مشاهده

می‌کنیم صدق می‌کند. اما برگردیم به پرواز کردن.

همان‌طور که قبل‌تر فهمیدیم هر چه مساحت سطح حیوان نسبت به وزنش بیشتر باشد، سقوط آرام‌تری خواهد داشت و راحت‌تر بالاروی لازم برای پرواز را به دست خواهد آورد. بال‌ها چه برای بال زدن و یا بال‌بازروی استفاده شوند ارتقا دهندگان مساحت سطح هستند. این سطح‌ها در خفاش‌ها و پتروسورها ورقه‌های پوستی هستند. سطح‌های نازک به حمایت نیاز دارند – حمایت استخوانی یا چیزی برابر با آن. فرگشت فرصت‌طلب است: به جای اینکه چیزی کاملا جدید به وجود آورد معمولا چیزی که هست را تغییر می‌دهد. از نظر تئوری می‌توان تصور کرد که بال‌هایی مانند بال‌های فرشتگان نقاشی‌ها از پشت به بیرون بجهند اما به معنی آن خواهد بود که استخوان‌های حمایت کننده‌ی جدیدی باید رشد کنند.

کدام یک از استخوان‌های موجود را می‌شود برای فراهم کردن حمایت برای سطوح پرواز مصادره کرد؟ همان‌طور که بعدتر خواهیم دید، مارمولک‌هایی وجود دارند که با غشای پوستی که از کنار بدن‌شان بیرون زده و حمایت دنده‌ها را دارد می‌توانند بال‌بازروی کنند. اما پرواز کنندگان حرفه‌ای‌تری مانند خفاش‌ها، پرندگان و پتروسورها برای پرواز از دست‌ها استفاده می‌کنند که با عضلات و استخوان‌های مناسب‌شان آماده‌ی تغییر هستند.

خفاش‌ها و پتروسورها پوست پروازی خود را بین دست و پای هر طرف بدن‌شان کش می‌دهند. بیشتر استخوان‌های دست پتروسورها نسبتا کوتاه است اما انگشت چهارم یا انگشت «حلقه»شان خیلی بزرگ است. معنای کلمه‌ی «پترواکتیل» یعنی «بال انگشتی». تقریبا تمام قسمت جلویی بال توسط تنها انگشتی که تا نوک بال می‌رسد

حمایت می‌شود. انگشت‌های ما چیزهای ظریف و خوبی هستند که در مهارت‌هایی مثل تایپ کردن یا نواختن پیانو از آن‌ها استفاده می‌کنیم. برای‌مان سخت است که تصور کنیم یکی از انگشت‌هایمان از طول دست‌مان هم بلندتر باشد و به قدری قوی باشد که بتواند بال بزرگی مثل بال کتزلکوآتلوس را حمایت کند. حتی فکرش هم کمی حالم را به‌هم می‌ریزد. این درسی است از کاری که فرگشت با استفاده از چیزی که وجود دارد انجام می‌دهد. باید بگویم که غشای بال‌ها خوب فسیل نمی‌شوند و بازسازی آن‌ها توسط زیست‌شناسان همیشه باهم سازگار نیستند. ما برای نقاشی کردن بالی که تا قوزک پا کشیده می‌شود بازسازی‌های معتبر اخیر را دنبال کردیم. همچنین شواهدی از وجود تاندونی در سراسر حاشیه‌ی عقب بال داریم که از نوک انگشت به قوزک پا می‌رسد تا حمایت بیشتر فراهم کرده و احتمالا از تزلزل

در باد جلوگیری می‌کرده است – که نه تنها به بهره‌وری پرواز آسیب می‌رساند بلکه شاید بال را پاره کند.





سه روش تبدیل دست به بال

خفاش‌ها (۰۱) تمام انگشتان خود را بلند کرده و پخش کرده‌اند. پتروسورها (۰۲) فقط یک انگشت خود را بسیار بزرگ کردند. خفاش ها و پتروسورها برای حمایت بیشتر باید از پاهای خود هم کمک می‌گیرند. پرندگان (۰۳) این کار را نمی‌کنند، زیرا پرها سفت خاص خودشان را دارند و به همین دلیل استخوان‌های بازوی آن‌ها می‌تواند به طرز شگفت‌آوری (و از نظر اقتصادی) کوتاه باشد.

بال‌های خفاش فقط از انگشت چهارم استفاده نمی‌برد بلکه از تمام انگشت‌ها استفاده می‌کند. خفاش‌ها هم مانند پتروسورها

برای حمایت بیشتر از بال‌ها در مقابل فشار از پاهای عقب‌شان استفاده می‌کنند. این کار آن‌ها را به راه روندگان بدی تبدیل می‌کند. بهترین راه روندگان در میان خفاش‌ها احتمالا خفاش‌های دُم‌کوتاه هستند که هنگام راه رفتن در جنگل‌های نیوزلند پاهای خود را روی زمین می‌کشند. اما آن‌ها در مقابل یک پرنده رقیبی برای راه رفتن یا دویدن محسوب نمی‌شوند. پتروسوری را تصور می‌کنم که بال‌وپرزنان مانند چتر انیمیشنی شکسته‌ای در حال راه رفتن است.

پرنده‌ها به جای داشتن بالچه‌ی پوستی، مساحت سطح پروازی‌شان از پرهای گسترده شونده ساخته شده است. پر یکی از عجایب جهان است؛ وسیله‌ای خارق‌العاده و قوی برای حمایت پرنده در هوا که از استخوان انعطاف‌پذیرتر است. پرها در کنار انعطاف‌پذیر بودن به قدر کافی محکم هستند که بال پرنده

را از داشتن استخوان بی‌نیاز کنند. در بعضی از پرندگان مانند کلاغ تصویر بالا، اندازه‌ی اسکلت دست استخوانی‌شان تا حدودا نصف طول بال می‌رسد. باقیمانده‌ی محدوده‌ی بال را پرها پوشش می‌دهند. این را با بال خفاش‌ها یا پتروسورها مقایسه کنید که طول استخوان تا انتهای بال می‌رسد. استخوان‌ها محکم‌اند اما سنگین هستند و سنگین بودن دقیقا همان چیزی است که برای پرواز کردن مضر است. یک لوله‌ی توخالی بسیار سبک‌تر از یک میله‌ی جامد است و فقط کمی ضعیف‌تر از آن است. تمام مهره‌داران پرنده استخوان‌های توخالی دارند که توسط حمایت‌کننده‌های طولی محکم شده‌اند. پرندگان تا حد ممکن استخوان‌های کمی در بال خود دارند و در عوض از استحکام پرهای بسیار سبک استفاده می‌کنند.

رابرت هوک در کتاب سال ۱۶۶۵ خود به نام

«ریزفرتونگاری» از اولین کسانی بود که با نگاه کردن به درون میکروسکوپ نقاشی کشید و خوانندگان کتابش را از دقت و زیبایی ساختار بدن‌های زنده به حیرت واداشت. تعجبی ندارد که پرها مورد توجه‌اش قرار گرفتند: «در اینجا طبیعتی را مشاهده می‌کنیم که در تنگنای تغییرات، ساختاری ایجاد کرده است که به قدر کافی سبک و بسیار سفت و محکم است»؛ او ادامه می‌دهد: «بدن‌های بسیار قوی اغلب بسیار سنگین هم هستند». به همین دلیل اگر پرها طور دیگری ایجاد می‌شدند بسیار سنگین‌تر می‌بودند. پرهای بال روی یکدیگر قرار می‌گیرند و به همین دلیل بال هنگام تغییر شکل برای سازگار شدن با شرایط مختلف پرواز، مانند یک پروانه‌ی بی‌نقص عمل می‌کند. در این مورد بال پرنده بهتر از بال خفاش یا پتروسور است زیرا برای پرداخت هزینه‌ی تغییر شکل بال باید مقدار زیادی از پوست معلق خود

را از دست بدهند. پهنک‌های پر از صدها ریشک ساخته شده‌اند که با ریشک‌های مجاورشان مانند زیپ باز و بسته می‌شوند. این ساختار به ایده‌آل هوک در مورد سبک و محکم بودن می‌رسد؛ اما با هزینه‌ای: پرها همواره نیازمند مراقبت توسط منقار هستند تا خوب باز و بسته شده و منظم بمانند. اگر برای مدتی به پرنده‌ای نگاه کنید مطمئنا آراستن پرهایش و توجه ویژه به بال‌هایش را خواهید دید. زندگی پرنده به معنای واقعی کلمه به این کار بستگی دارد زیرا پرهایی که بد باز و بسته می‌شوند می‌توانند علت اصلی پرواز بد و ناتوانی در فرار از دست شکارگران یا گرفتن طعمه و یا برخورد در پی ناتوانی در راهبری باشند.

پرها، فلس‌های تغییر یافته‌ی خزندگان هستند. پرها احتمالا نه برای پرواز کردن بلکه مانند موهای پستانداران برای جلوگیری از خروج گرمای بدن فرگشت یافته‌اند. باز هم

استفاده‌ی فرگشت از چیزی که وجود دارد را شاهدیم. (مثالی دیگر: کوکر صحرایی نر برای رساندن آب به جوجه‌هایش کیلومترهای زیادی را پرواز می‌کند. پرهای شکمی او تغییر یافته‌اند تا مانند اسفنج عمل کنند تا جوجه‌هایش آب را از آن‌ها بمکند.) بعدتر پرهای عایق و نرم، با حمایت ساقه‌های توخالی محکم که تا مرکزشان می‌رسیدند رشد کردند و با انعطاف‌پذیری بسیار کمی که داشتند برای پرواز بی‌نقص بودند. تمام بال پرنده مساحت سطح پروازی است که از پرها تشکیل شده و مساحت بیشتری نسبت به بقیه‌ی مساحت پرنده دارد. پرهای اولیه بیشترین وظیفه را در پرواز به عهده دارند؛ پرهای بزرگی که نیاکان‌مان معمولا از ساقه‌هایشان به‌عنوان قلم استفاده می‌کردند.

در همین اواخر کشف شد که قبل از فرگشت یافتن پرندگان واقعی، داشتن پر در بین گروهی

از دایناسورها که پرندگان از آن‌ها جهش یافته‌اند متداول بوده است. حتی احتمال می‌رود که تیرانوسوروس وحشتناک پر داشته است که اگر بغل‌کردنی نکندش کمی از وحشتناک بودنش می‌کاهد. دایناسورهایی با چهار بال پردار هم وجود داشته‌اند. آن‌ها ۱۲۰ میلیون سال قبل در دوره‌ی کرتاسه زندگی می‌کردند که در واقع قبل از دیرینه‌مرغ که اغلب به‌عنوان اولین پرنده از آن یاد می‌کنند می‌زیستند. محتمل به نظر می‌رسد که موجوداتی مثل خُردشکاری (تصویر) فقط بال‌بازروی نمی‌کردند و قابلیت بال زدن هم داشتند.



دایناسور چهاربال

طرحی که پرندگان هم می‌توانستند به کار بگیرند اما نگرفتند

به دلیل اینکه پرها به اندازه کافی محکم هستند بال‌ها به استخوان‌های حمایت کننده در پشت دست نیازی ندارند و خود استخوان‌بندی دست هم می‌تواند خیلی کوتاه‌تر از بال بوده و اقتصادی باشد. پرهای خمیده برای بالاروی و پایین‌روی انعطاف کافی دارند. حتی به هم‌پذیری پاهای عقب برای محکم کردن بال‌ها هم نیازی نیست. این یعنی برخلاف خفاش‌ها و پتروسورها، پرنده‌ها راه‌روندگان، دوندگان و (در پرندگان کوچک) جهندگان فوق‌العاده‌ای هستند. این برتری بزرگی در مقایسه با لولیدن ناشیانه‌ی پتروسورها یا خفاش‌ها است.

حشرات هم از این مزیت برخوردارند. زمانی که پرواز نمی‌کنند همه‌ی شش دست و پای آن‌ها برای راه رفتن و دویدن آزاد هستند. مثلا سوسک ببری برای فرار از دست مارمولک می‌تواند پرواز کند اما عمدتا طعمه‌هایی

مثـل عنکبـوت یـا مورچـه را بـا پـای پیـاده شـکار می‌کنـد. در زمـان شـکار می‌توانـد بـا سـرعت ۲.۵ متـر بـر ثانیـه بـدود. ۲.۵ متـر حـدودا ۱۲۵ برابـر طـول بدنـش اسـت. تبدیـل ایـن سـرعت بـه معـادل انسـانی درواقـع عادلانـه نیسـت امـا نمی‌توانـم جلـوی خـود را بـرای محاسـبه نکردنـش بگیـرم. فقـط بـه پاهـای ورزشـی و بلنـد سوسـک ببـری نـگاه کنیـد.



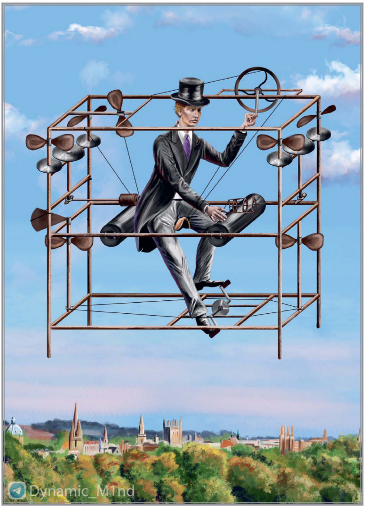
سوسک ببری

قهرمان دو سرعت جهان حشرات؛ با این حال هنوز هم می‌تواند پرواز کند.

بال‌هـای حشـرات برخـلاف بال‌هـای اسـتخوان‌دار

مهره‌داران پرنده هیچ حمایتی ندارند. حشرات دارای استخوان‌بندی بیرونی هستند. دیواره‌ی بیرونی بدن حشره را استخوان‌بندی‌اش تشکیل داده است. بال‌ها از استخوان‌بندی بیرونی سینه رشد کرده و به صورت خودکار به‌اندازه‌ای محکم هستند که بتوانند وزن یک حیوان پرنده‌ی کوچک را تحمل کنند.

چیزی که در این فصل مهم است بیشتر بودن مساحت سطح بال‌های حیوان نسبت به اندازه‌اش است. چنین مساحت سطح بزرگی برای بالاروی در هوا نیاز است. صندل‌های بال‌دار هرمس، پیام‌رسان خدایان یونانی (مرکوری رومی‌ها) بسیار کوچک بودند و به‌اندازه‌ی پروانه‌های کوچک نه‌چندان زیبای این ماشین پرنده‌ی محکوم به فنای عصر ویکتوریا احمقانه بودند.



خوب نمی‌شد اگر پرواز به این آسانی می‌بود؟

پرواز ماشین پرنده‌ی محکوم به فنای عصر ویکتوریا بر فراز «شهر شیرین با مناره‌های رویاییِ» متیو آرنولد. چقدر این ماشین برای آکسفورد، «خانه‌ی اهداف گمشده و باورهای رها شده‌ی» او مناسب است.

فصل ۶

پرواز بدون نیرو: چتربازی و بال‌بازروی



فصل ۶

پرواز بدون نیرو: فرود با چتر نجات و بال‌بازروی

مهم نیست وزن چقدر زیاد باشد اگر مساحت سطح به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد می‌تواند طوری بر جاذبه غلبه کند که بتوان به آرامی و ایمن روی زمین فرود آمد. این کاری است که ما با چتر نجات انجام می‌دهیم. این فصل نگاهی دارد به فرود با چتر نجات – و بال‌بازروی – با استفاده از گستره‌های مساحت سطح که می‌تواند شامل بال‌ها هم باشد. اما در ابتدا با گستره‌های سطحی آغاز می‌کنیم که بال نیستند.

همان‌طور که دیدیم حیوانات بسیار کوچک به‌طور خودکار دارای مساحت سطح بزرگی نسبت به وزن‌شان هستند و می‌توانند بدون نیاز به چتر نجاتِ ساخت یافته به آرامی بر روی زمین فرود بیایند. سنجاب‌ها به اندازه‌ی کافی برای این کوچک نیستند. آن‌ها نیازمند کمک ناچیزی از مساحت سطح گسترش یافته هستند. بالاروندگانی ماهر و سریع که با جهش از شاخه‌ای به شاخه‌ی دیگر، پیشرفت‌شان را تسریع می‌کنند. دم بلند و پردار آن‌ها مساحت سطح‌شان را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود تا به شاخه‌ای بپرند که کمی فراتر از آن چیزی است که بدون دم پردار می‌توانستند با آسودگی به آن برسند. این مثل بال یک مساحت سطح پرواز واقعی نیست اما هر چیز کوچکی کمک می‌کند و سنجاب به اندازه‌ی کافی کوچک هست که از یک دم پرپشت به‌عنوان یک سطح هواگیر بهره‌مند شود.



دو چتر نجات زنده که به‌طور مستقل فرگشت یافته‌اند

پوست‌گستر یا «لمور پرنده» (چپ) و «سنجاب پرنده» (راست).

بعضی از سنجاب‌های متخصص، به اصطلاح سنجاب‌های پرنده (بهتر است سنجاب‌های چترباز نامیده شوند) وجود دارند که از این هم فراتر رفته‌اند. آن‌ها شبکه‌ای از پوست را ایجاد کرده‌اند که از پای جلو تا پای عقبی کشیده شده و به شکل چتر نجات است. به این ساختار بال‌پوست می‌گویند. سنجاب‌های پرنده نه تنها می‌توانند از شاخه‌ای به شاخه‌ی دیگر بپرند، بلکه دست‌ها و پاهای خود را برای

بازکردن چتر نجات خود دراز می‌کنند و به آرامی از درختی به درخت دیگر که ممکن است ۲۰ متر فاصله داشته باشد، بال‌بازروی می‌کنند. مانند چتر نجات ما، آن‌ها به سمت پایین حرکت می‌کنند، اما رانش رو به پایین آهسته و ایمن است. آن‌ها معمولا از ارتفاع یک درخت تا نزدیک پایه‌ی تنه‌ی درخت دیگر بال‌بازروی می‌کنند.

درجنگل‌های جنوب شرق آسیا و فیلیپین موجودی زندگی می‌کند که از این کمی فراتر می‌رود. پوست‌گستر یا «لمورپرنده» ;i در واقع یک لمور نیست (همه‌ی لمورهای واقعی در ماداگاسکار زندگی می‌کنند). آن‌ها به‌عنوان نخستی‌ها (گروهی از پستانداران که لمورها و میمون‌ها و ما به آن تعلق داریم) طبقه‌بندی نمی‌شوند، اما پوست‌گسترها به پستانداران مرتبط هستند. آن‌ها مانند سنجاب‌های پرنده یک بال‌پوست فرگشت یافته دارند که فقط

از بازو به پا کشیده نمی‌شود بلکه دم را نیز در خود جای داده است. تقریبا کل بدن‌شان مانند یک چتر نجات بزرگ است. بال‌پوست آن‌ها مساحت بزرگتری نسبت به سنجاب‌های پرنده دارد و می‌توانند ۱۰۰ متر بال‌بازروی کنند. باز هم نیاز است بگویم که بال‌پوست یک بال واقعی نیست. مثل بال خفاش یا پرنده، بال نمی‌زند. اما پوست‌گستر با تنظیم اندام‌هایش می‌تواند بال‌بازروی خود را هدایت کند، درست مانند یک چترباز متخصص که با کشیدن طناب چترش را هدایت می‌کند. درواقع، اگرچه اکثر سنجاب‌های پرنده دم را در بال‌پوست قرار نمی‌دهند، یک سنجاب پرنده‌ی غول‌پیکر در چین وجود دارد که بال‌پوست آن در فاصله‌ی کوتاهی در امتداد دم کشیده می‌شود. این سرنخی‌ست از چگونگی فرگشت تدریجی چتر پوست‌گستر.



پوست‌گستر

در پوست‌گسترها و سنجاب‌ها بال‌پوست مستقلا فرگشت یافته است – فرگشت هم‌گرا. اما آن‌ها تنها پستانداران جنگلی‌ای نیستند که این کار را انجام داده‌اند. استرالیا از زمانی که دایناسورها منقرض شدند و پستانداران نقش غالب را در خشکی به عهده گرفتند، در اغلب اوقات دورافتاده مانده بود. پستانداران استرالیا که در کفش‌های خالی دایناسورها قدم گذاشتند، همگی کیسه‌دار بودند (به‌علاوه چند پستاندار

تخم‌گذار: اجداد نوک‌اردکی‌ها و مورچه‌خورهای خاردار). طیف عظیمی از کیسه‌داران در استرالیا و گینه نو به موازات پستانداران آشنای بقیه‌ی نقاط جهان فرگشت یافتند. در استرالیا «گرگ» کیسه‌دار، «شیر» کیسه‌دار و «موش» کیسه‌دار وجود داشت. گیومه‌ها نشان می‌دهد که این‌ها به‌طور مستقل «گرگ»، «شیر» و «موش» فرگشت یافتند، حیواناتی که ما در بقیه‌ی جهان آن‌ها را حیوانات اصلی نمی‌نامیم. همچنین «موش کور» کیسه‌دار، «خرگوش» کیسه‌دار و - خوب حدس زدید - «سنجاب‌های پرنده»ی کیسه‌دار نیز در استرالیا زندگی می‌کردند. به این بال‌بازروهای کیسه‌دار استرالیایی، «بادپرکیسه‌دار» می‌گویند. باید اضافه کنم که برای بسیاری از اهداف جانورشناسی، از جمله این مورد، جزیره‌ی بزرگ همسایه یعنی گینه نو، استرالیا محسوب می‌شود. گینه نو در میان جانوران کیسه‌دار بومی‌اش، کانگوروهای خود

را دارد. بال‌بازروهای کیسه‌دار بومی این منطقه نیز شبیه به بال‌بازروهای استرالیایی هستند.

گونه‌های مختلفی از بال‌بازروهای کیسه‌دار وجود دارد که همه‌ی آن‌ها شبیه به سنجاب‌های پرنده هستند زیرا بال‌پوست از دست به پا کشیده می‌شود، اما دم را مانند پوست‌گستر در خود جای نمی‌دهد. حیوانی که بیشتر شبیه به سنجاب پرنده است، «بادپر شکری» است که هم در استرالیا و هم در گینه نو زندگی می‌کند. این حیوان می‌تواند به سمت درختی دور در فاصله‌ی ۵۰ متری بال‌بازروی کند. او شبیه به دوقلوی سنجاب پرنده به نظر می‌رسد، با اینکه هر دو پستاندارند اما دورترین خویشاوندان یکدیگر هستند. این‌چنین فرگشت هم‌گرا نمونه‌ای زیبا از قدرت انتخاب طبیعی است. داشتن بال‌پوست برای پستانداران جنگلی چیز خوبی است. بنابراین به‌طور مستقل هم در جوندگان و هم در کیسه‌داران و هم

در پوست‌گسترها فرگشت یافته است. اما می‌توانیم فراتر برویم. حتی در جوندگان نیز بال‌پوست دو بار مستقلا فرگشت یافته است. یک بار در تیره‌ی سنجاب واقعی و دوباره، به‌طور مستقل در تیره‌ای جداگانه از جوندگان آفریقایی به نام سنجاب‌های دم‌پولکی ایجاد شد. آن‌ها شبیه به هم هستند و مثل هم بال‌بازروی می‌کنند اما بال‌پوست‌شان مستقل از یکدیگر فرگشت یافته است.

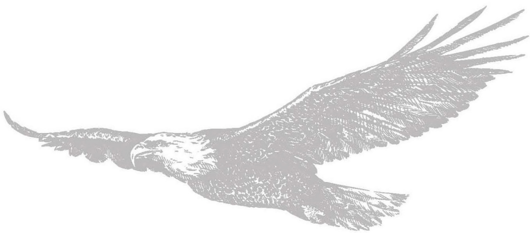


کرکس گریفون

بال‌بازروهای جنگلی قبل از اینکه بتوانند به سمت فرود کنترل شده خود پرتاب شوند،

ابتدا باید ارتفاع خود را افزایش دهند. در جنگل این کار را با بالا رفتن از درخت انجام می‌دهند. اما راه‌های دیگری مثل رفتن بر روی صخره‌ها هم وجود دارد که بتوان به اندازه‌ی کافی برای بال‌بازروی ارتفاع گرفت. صخره‌ها مورد علاقه‌ی انسان‌هایی هستند که کایت دارند (و خیلی بیشتر از من جسارت دارند). همچنین توسط بسیاری از پرندگان دریایی که می‌توانند بال‌های خود را تکان دهند، اما ترجیح می‌دهند در صورت امکان از صخره بال‌بازروی کنند، چون کار آسان‌تری است و همچنین به این دلیل که در اطراف صخره‌ها پیچانه‌های بادی مفیدی وجود دارد. بادقپک‌ها، اگرچه متخصصان ماهری در هنر پرواز بدون نیرو هستند، اما قادر به بلند شدن از زمین نیستند. در مواقع نادری که مجبورند فرود بیایند (برای لانه‌سازی) همیشه تصمیم می‌گیرند این کار را در مکانی مرتفع انجام دهند که از آنجا بتوانند خود را به

هوا پرتاب کنند. گروه فیلمبرداری بی‌بی‌سی دیوید آتنبرو از کبوترهای دریایی در ژاپن فیلمبرداری کرده است که در صف ایستاده‌اند تا از یک رمپ (تنه درخت شیب‌دار) بالا بروند تا از محل پرتاب موردعلاقه‌شان بپرند.

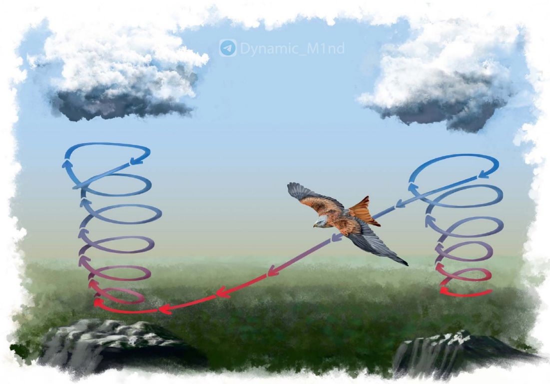


عقاب

اما یک راه بسیار مهم وجود دارد که با آن پرنده‌های بال‌بازرو می‌توانند قبل از بال‌بازروی به سمت پایین، به سمت بالا و گاهی اوقات بسیار بالا بروند: ستون‌های گرمایی. هوای گرم بالا می‌رود. ستون گرمایی، ستونی عمودی از هوای گرم بالارونده است که توسط هوای سردتر احاطه شده است. ستون‌های گرمایی

معمولا به این دلیل ایجاد می‌شوند که خورشید زمین را به‌طور ناهموار گرم می‌کند. برخی از لکه‌ها، برای مثال برون‌زدهای سنگی، گرم‌تر از زمین‌های اطراف می‌شوند. این باعث گرم شدن هوای بالای لکه‌ی گرم می‌شود که درنتیجه به صورت ستون گرمایی بالا می‌رود. هوای سرد برای پر کردن فضای خالی هوای بالارونده از پایین ستون گرمایی وارد می‌شود، گرم شده و بالا می‌رود. در بالای ستون گرمایی، هوا سرد می‌شود و از کناره‌های ستون گرمایی پایین می‌آید و دوباره به سمت پایین می‌چرخد تا «چرخه‌ی همرفت» کامل شود. ابرهای کومولوس نرم و سبک، مانند پنبه‌ی پشمی، اغلب در بالای یک ستون گرمایی، جایی که خنک است و قطرات آب در آنجا متراکم می‌شوند، تشکیل می‌شوند. این ابرها را می‌توان از راه دور به‌عنوان نشانه‌ای گویا از وجود یک ستون گرمایی دید.

اکنون، دقیقا همان‌طور که یک پوست‌گستر می‌تواند از درختی بالا برود و به سمت پایین درختی دوردست در جنگل بال‌بازروی کند، کرکس یا دیگر پرنده‌های اوج‌گیر هم می‌توانند به جای درختان، با ستون‌های گرمایی این کار را انجام دهند. اما در حالی که ارتفاع یک درخت تنها چند ده متر است، یک ستون گرمایی می‌تواند یک کرکس را هزاران متر بلند کند. می‌توان آن‌ها را بر فراز ساوانای آفریقا دید که می‌چرخند و به آرامی بالا می‌روند. چرخش به آن‌ها کمک می‌کند تا در ستون عمودی گرمایی بمانند. خلبانان پاراگلایدر نیز همین کار را می‌کنند. یکی از کارشناسان برجسته ما در پرواز پرندگان، پروفسور فقید کالین پنی‌کویک هم خلبان بود و پاراگلایدر خود را در میان کرکس‌های در اوج، رخ‌کرکس‌ها و عقاب‌ها می‌چرخاند تا آن‌ها را مطالعه کند.



به دست آوردن ارتفاع برای بال‌بازروی طولانی

بال‌بازروی از یک ستون گرمایی به دیگری. (بدیهی است که تصویر در مقیاس واقعی نیست.)



کایت‌سواری

آیا این چیزی است که احساس یک پتروسور غول‌پیکر بودن را القا می‌کند؟

هرگز خلبانی با گلایدر را امتحان نکرده‌ام ولی فکر می‌کنم دوست داشته باشم امتحانش کنم. حتی ممکن است کایت‌سواری الهام‌بخش‌تر از آن باشد چون می‌توانید با جابه‌جایی وزن خود در هارنس، به‌طور مستقیم هدایتش کنید. تصور می‌کنم که کایت‌سواران باتجربه بال را تقریبا طوری حس

می‌کنند که انگار بخشی از بدن‌شان است. شاید مرغ دریایی بودن، چرخیدن و اوج گرفتن در سراشیبی صخره هم اینگونه باشد؟ یا حتی یک بال‌انگشتی؛ یا عقابی که از ارتفاعات یک ستون گرمایی، ساوانا را زیر نظر می‌گیرد. اما فکر نمی‌کنم جرات امتحان کردنش را داشته باشم. مطمئنا من مانند برخی از علاقه‌مندان به کایت‌سواری از روی صخره‌ای عمودی نخواهم پرید. بدون هیچ دلیل خیلی خوبی به نظرم بدتر از پریدن از هواپیما با چتر نجات است. وقتی از صخره‌های معروف موهر در ایرلند غربی بازدید می‌کنم، برای نزدیک شدن به لبه باید روی دست‌ها و زانوهایم قرار بگیرم و وسوسه می‌شوم که روی شکمم دراز بکشم.

ما می‌توانیم خیال‌انگیزانه، ساوانا را به‌عنوان «جنگل» ستون‌های گرمایی در نظر بگیریم. «درختان» هوای گرم بالارونده می‌توانند هزاران متر بلندتر از درختانی باشند که سنجاب پرنده،

پوست‌گستر یا پره‌کیسه‌داری از آن‌ها بالا می‌رود. فاصله‌ی آن‌ها بسیار بیشتر از همسایگان‌شان است. بنابراین در حالی که پوست‌گستر می‌تواند فاصله‌ی افقی ۱۰۰ متری یا بیشتری را بال‌بازروی کند، کرکس می‌تواند تا ارتفاعی بالا برود که بال‌بازروی‌اش کیلومترها، به‌طور بالقوه به سمت ابتدای ستون گرمایی بعدی، او را ببرد. در آنجا می‌تواند برای آماده‌سازی برای بال‌بازروی به سمت ستون گرمایی بعدی، دوباره اوج بگیرد. خلبانان پاراگلایدر از ستون‌های گرمایی چیده شده در «خیابان‌ها» استفاده می‌کنند. با رفتن از ستونی گرمایی به ستونی دیگر در امتداد یک خیابان، می‌توانند در طول سفرشان تا زمان نامشخصی بالا بمانند. عقاب‌ها و لک‌لک‌ها هم از خیابان‌ها به همین شکل استفاده می‌کنند.

آن‌ها چگونه می‌دانند که ستون گرمایی بعدی کجاست؟ احتمالا با همان روشی که خلبانان

پاراگلایدر انجام می‌دهند: به دنبال ابرهای کومولوسی باش که بر فراز ستون‌های گرمایی قرار دارند یا به دنبال ستون‌های دوردست پرندگان در حال چرخش باش یا به پستی و بلندی زمین دقت کن.

البته، بال‌بازروی تا ستون بعدی در یک خیابان، دلیل اصلی کرکس برای ارتفاع گرفتن نیست. همان‌طور که در فصل دوم دیدیم، اوج گرفتن زیاد به آن‌ها این امکان را می‌دهد که در منطقه‌ای بسیار وسیع به دنبال غذا بگردند و هنگامی که آن را مشاهده می‌کنند به پایین بال‌بازروی کنند. کرکس‌ها مانند بسیاری از پرندگان، چشمان تیزبینی برای دیدن از فاصله‌ی دور دارند. آن‌ها می‌توانند یک شیر را از کیلومترها دورتر ببینند. همچنین متوجه می‌شوند که انبوهی از کرکس‌های دیگر از ستون‌های گرمایی خود به سمت هدفی روی زمین شناور می‌شوند. پس از تغذیه از شکار،

تغذیه‌ای خوب و سنگین، آن‌ها باید دوباره بلند شوند تا به ابتدای ستونی گرمایی برسند و برای این کار چاره‌ای به‌جز بال زدن ندارند، هر چند که انجام این کار از نظر انرژی پرهزینه است.

دلفین‌ها و پنگوئن‌ها هنگام شنای سریع از آب بیرون می‌جهند. این شاید یک ترفند برای صرفه‌جویی در انرژی باشد، زیرا مقاومت هوا کمتر از مقاومت در برابر آب است (اگرچه مزایای دیگری نیز پیشنهاد شده است). بسیاری از ماهی‌ها مثل ماهی تن نیز به‌عنوان وسیله‌ای برای فرار از شکارچیانی که سریع شنا می‌کنند به هوا می‌پرند. هنگامی که یک دسته‌ی کاملی از ماهی‌های کوچک این کار را انجام می‌دهند، فرودشان مانند بارش باران به نظر می‌رسد. برخی از ماهی‌ها که پرنده‌ماهی نامیده می‌شوند با استفاده از باله‌های بزرگ شده‌ی بال‌مانند خود، جهش‌های خود را بیشتر می‌کنند. آن‌ها تکان نمی‌خورند، اما

گاهی اوقات (با کمک کشش‌های امواج رو به بالا) تا ۲۰۰ متر و با سرعت ۶۴ کیلومتر در ساعت قبل از تماس مجدد با آب، سر می‌خورند. اگرچه درست است که آن‌ها مثل یک پرنده بال‌های خود را تکان نمی‌دهند، برخی از پرنده‌ماهی‌ها هنگام بلند شدن، تمام بدن را به پهلو می‌چرخانند که ممکن است اثری مشابه با بال زدن داشته باشد. ماهی‌ها با حرکات سینوسی دم شنا می‌کنند. با بلند شدن پرنده‌ماهی، آخرین چیزی که از آب بیرون می‌آید، دمی است که هنوز در حال شنا کردن است. گاهی اوقات هنگام فرود، ماهی با چرخاندن بخش پایینی باله‌ی دم، سر خوردن را طولانی‌تر می‌کند تا سرعت بگیرد و دوباره بدون غوطه‌ور کردن بدن خود بلند شود.



در مسیرماندالی، جایی که پرنده‌ماهی‌ها بازی می‌کنند

در واقع تعجب می‌کنم که پرواز واقعی (به‌طور نامحدود در اوج ماندن) در ماهی‌ها فرگشت نیافته است. شاید چند میلیون سال دیگر؟

از دید ماهی تن تعقیب کننده، پرنده‌ماهی به‌طور ناگهانی محو می‌شود. این پدیده «کُل بازتابش داخلی» نام دارد؛ به این معنی است که از پایین، شکارچی نمی‌تواند طعمه‌ی موشکی خود را پس از نفوذ به هوا ببیند. طعمه (نه

به معنای واقعی کلمه) در بعد دیگری ناپدید شده است، مانند فشار دادن دکمه‌ی «ابرفضا» در یک بازی رایانه‌ای.

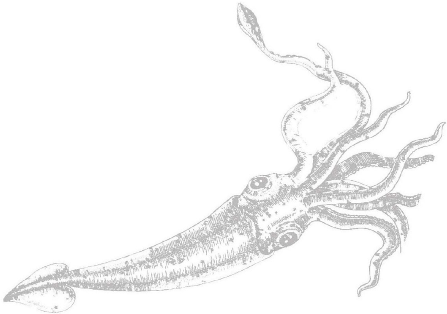
متأسفانه برای پرنده‌ماهی، اگرچه ممکن است به‌طور ناگهانی از دنیای ماهی تن ناپدید شده باشد، اما همان‌طور ناگهانی به دنیای پرندگان منتظری مثل سینه‌بادکنک‌ها پرتاب می‌شود. سینه‌بادکنک‌ها می‌توانند از سطح ماهی‌گیری کنند، اما اغلب غذای خود را با دزدی دریایی به‌دست می‌آورند و ماهی‌ها را از سایر پرندگان می‌دزدند. یک پرنده‌ماهی باید - از دید یک سینه‌بادکنک - شبیه به پرنده‌ای باشد که چیزی باارزش برای دزدیدن در اختیار دارد. مهارت مورد نیاز برای گرفتن پرنده‌ماهی، یا سرقت از مرغ دریایی، باید یکسان باشد. آن‌ها واقعا در شکار پرنده‌ماهی‌ها در هوا ماهر هستند. سینه‌بادکنک‌ها سیاه هستند و اغلب بخشی از بدن‌شان قرمز رنگ است که شبیه

به تلاقی بین یک بال‌انگشتی ماقبل تاریخ و شیطان است. توصیف دیوید آتنبرو از گرفتاری پرنده‌ماهی بیچاره بین شیطان و دریای آبی ژرف بی‌دلیل نبود.

ماهی‌های مرکب هم قادر به شنای سریع هستند و برخی از سریع‌ترین‌شان به‌طور مستقل و هم‌گرا رفتارشان برای فرار از شکارچیان مانند پرنده‌ماهی‌ها فرگشت یافته است؛ با این تفاوت جالب که این نرم‌تنان شنا می‌کنند و به عقب پرواز می‌کنند و با پیشرانه‌ی جت به سرعت زیادشان می‌رسند. آن‌ها با فشار یک جت آب قدرتمند از دهان‌شان خارج می‌کنند و مانند تیری که شبیه به آن هم هستند، به هوا می‌روند. آن‌ها می‌توانند ۳۰ متر یا بیشتر را طی کنند و سه ثانیه بعد دوباره در دریا فرود آیند.

جدا کردن پروازهای نیرودار و بال‌بازروی از هم و اختصاص فصل‌های جداگانه به آن‌ها راحت بود اما این تمایز تا حدودی مبهم است. حتی

پرندگانی که معمولا در ستون‌های گرمایی اوج می‌گیرند و یا آلباتروس‌ها هم، گاهی بال‌های خود را تکان می‌دهند. در دو فصل بعدی به پرواز نیازمند به انرژی واقعی می‌پردازیم که در آن نیرو – چه قدرت ماهیچه‌ای در یک پرنده، چه یک موتور احتراق داخلی یا جت در هواپیما – به‌طور مداوم کار می‌کند تا در ارتفاع باقی بماند.



ماهی مرکب غول‌پیکر

فصل ۷

پروازهای نیرودار و نحوه‌ی کارکردشان





سرباز پرنده‌ی نوآور

اما چرا «سرباز»؟ مطمئنا می‌توان از این دستگاه شگفت‌انگیز استفاده‌ی بهتری هم کرد؟

فصل ۷

پروازهای نیرودار و نحوه‌ی کارکردشان

تاکنـون دیدیـم کـه چگونـه یـک مسـاحت سـطح بـزرگ می‌توانـد شـما را بـا تـلاش کـم و صـرف انرژی کـم بـا بال‌بـازروی، اوج گرفتـن یـا شـناورمانـدن در هـوا نگـه دارد. امـا اگـر آمـاده‌ی کار سـخت باشـی، فرصت‌هـای بیشـتری بـرای سـرپیچی از جاذبـه به‌دسـت می‌آیـد. دو روش اصلـی بـرای سـرپیچی از جاذبـه وجـود دارد. روش اول ایـن اسـت کـه مسـتقیما خـود را بـالا ببـری. ایـن روش مسـتقیم و بدیهـی اسـت و همـان کاری اسـت کـه هلیکوپترهـا، راکت‌هـا و پهپادهـا انجـام می‌دهنـد. هوانـاو روی بالشـتکی از هـوا کـه توسـط ملخ‌هـای رو بـه پاییـن سـاخته شـده اسـت حرکـت می‌کنـد. هواپیماهـای

جت عمود برخاست، موتور جت را به سمت پایین هدایت می‌کنند تا هواپیما را از زمین بلند کنند. بدلکاران پرنده مانند «سرباز پرنده» تماشایی که در روز باستیل ۲۰۱۹ بر فراز پاریس پرواز کرد هم کاری مشابه انجام می‌دهند.

لئوناردو داوینچی از بسیاری جهات از زمان خود جلوتر بود. یکی طراحی‌های او شامل نوع پیشرویی از هلیکوپتر است. متأسفانه، احتمالا نمی‌توانست کار کند ولی این تنها به دلیل اتکای وسیله به قدرت عضلانی انسان نیست. ماهیچه‌های انسان برای بلند کردن وزن بدیهی انسان و ماشین بسیار ضعیف هستند. هلیکوپترهای مدرن دارای موتورهای قدرتمندی هستند که مقادیر زیادی سوخت فسیلی را می‌سوزانند تا چرخانه‌های بزرگ و سریع‌شان را به حرکت درآورند. تیغه‌های زاویه‌دار باد شدیدی را به سمت پایین هدایت می‌کنند و هلیکوپتر را مستقیما به سمت بالا می‌رانند.

هلیکوپترها به یک ملخ اضافی در دم، رو به پهلو (یا چیزی معادل) هم نیاز دارند تا از چرخش فرفره‌وار وسیله جلوگیری کند. به نظر می‌رسد لئوناردو این نکته را نادیده گرفته است. جت هوایی هَریِر و جانشینانش به آن نیازی ندارند چون چرخانه ندارند. آن‌ها با انحراف نازل‌های جت به سمت پایین برای بالا بردن هواپیما از سطح زمین، بالا می‌روند. هواپیما پس از بلند شدن از زمین، جت‌های خود را به سمت عقب هدایت می‌کند تا به سمت جلو پرواز کند. سپس مانند هر هواپیمای معمولی دیگری از بال‌ها برای ارتفاع گرفتن استفاده می‌کند. هواپیماهای معمولی چگونه بلند می‌شوند؟ این پیچیده‌تر است و اکنون به آن خواهیم پرداخت.

برخلاف هلیکوپترها، هواپیماهای معمولی با حرکت سریع رو به جلو، ارتفاع می‌گیرند. آن‌ها خود را با پروانه یا جت به جلو می‌برند

و جریـان هوایـی کـه بـه سـمت بال‌هـا هجـوم مـی‌آورد و از بال‌هـا عبـور می‌کنـد، از دو طریـق باعـث بلنـد کـردن هواپیمـا می‌شـود، کـه هـر دو بـرای موجـودات پرنـده و همچنیـن هواپیماهـای ساخته شـده مهـم هسـتند. بدیهی‌تریـن و مهم‌تریـن روش، روش نیوتونـی نامیـده می‌شـود. سـرعت هواپیمـا منجـر بـه فشـار بـاد بـه بال‌هـا می‌شـود و در حالیکـه بـا سـرعت رو بـه جلـو مـی‌رود بـه دلیـل شـیب جزئی‌شـان بـه سـمت بـالا، بال‌هـا را بلنـد می‌کنـد. اگـر دسـت خـود را از پنجـره‌ی ماشـینی کـه بـه سـرعت در حـال حرکـت اسـت بیـرون بیاوریـد، می‌توانیـد تأثیـر آن را احسـاس کنیـد. دسـت خـود را کمـی بـه سـمت بـالا خـم کنیـد تـا فشـار رو بـه بـالا بـه بازوی‌تـان را حـس کنیـد (اگـر خطـر اشـتباه گرفتـن دسـت شـما بـا یـک نشـانه بـرای ماشـین دیگـری وجـود دارد، ایـن کار را انجـام ندهیـد). بنابرایـن ایـن توضیـح واضحـی بـرای نحـوه‌ی کارکـرد بال‌هـا اسـت: روش

نیوتنـــی. ایــن روش اصلــی بــالا بــردن هواپیماهــا است. حتـی اگـر بال‌هـا تخته‌هـای مسـطحی بـا زاویـه‌ی کمـی بـه سـمت بـالا باشـند، کار می‌کننـد، بنابرایــن می‌توانیــم آن را روش «تختــه‌ی تخــت» هـم بنامیـم.



شاید این بزرگ‌ترین اختراع مبتکرانه‌ی لئوناردو نباشد

حتی اگر چهار مرد به دور کاپستان می‌دویدند، این وسیله یک سانتی‌متر هم از سطح زمین بلند نمی‌شد.

اما یک چیز کمتر واضحی هم وجود دارد. روش دومی که در آن بال‌ها هنگام راندن سریع به جلو، بالاروی را فراهم می‌کنند. روش دوم به نام دانیل برنولی، ریاضی‌دان سوئیسی قرن هجدهم نامگذاری شده است. بسیاری از مردم، حتی بعضی از نویسندگان کتاب‌های درسی، به‌طور کامل نمی‌دانند که چگونه این دو روش با هم کار می‌کنند. خوشبختانه، حتی اگر توضیح دادن ساده‌سازی شده‌ی همه‌ی پیچیدگی‌های دقیق نحوه‌ی انجام آن‌ها دشوار باشد هم هواپیماها همچنان در ارتفاع می مانند.

نقشه هواپیما

خب، روش دوم، روش برنولی است که در آن بال‌ها بالابرنده می‌شوند. فهمیدیم که بال‌های یک هواپیمای مدرن تخته‌های مسطح نیستند و هنرمندانه شکل داده شده‌اند. لبه‌ی جلویی بال ضخیم‌تر از لبه‌ی عقب است. شکل بال‌ها هم در مقطع عرضی منحنی است که با دقت ساخته شده است. آن‌ها با استفاده از اصل برنولی، به گونه‌ای طراحی شده‌اند که با

هجـوم هـوا بـر روی سـطح بـال، بـالا برونـد.
اصـل برنولـی بیـان می‌کنـد کـه وقتـی یـک سـیال («سـیال» بـه معنـی گازهـا و همچنین مایعـات) در سـطحی در حـال حرکـت اسـت، فشـار روی آن سـطح کاهـش می‌یابـد. در پایـان فصـل سـعی می‌کنـم ایـن را توضیـح دهـم. بـه همیـن دلیـل اسـت کـه پـرده‌ی حمـام بـه سـمت شـما مکیـده می‌شـود و احسـاس می‌کنیـد خنـک و مرطـوب اسـت. جریـان برنولـی در ایـن مـورد بـاد رو بـه پایینـی اسـت کـه توسـط آب در حـال سـقوط ایجـاد شـده اسـت. حـالا تصـور کنیـد کـه دو سـردوش رو بـه پاییـن داریـد، یکـی در هـر طـرف پـرده. یـک دوش آب را سـریع‌تر از دیگـری می‌ریـزد. طبـق اصـل برنولـی، پـرده بـه سـمت جریـان دوش سـریع‌تر «مکیـده» می‌شـود. (مـن «مکیـده» را در گیومـه قـرار دادم زیـرا آنچـه مـا به‌عنـوان مکـش در نظـر می‌گیریـم، درواقـع فشـار بالاتـری از طـرف مقابـل اسـت.)

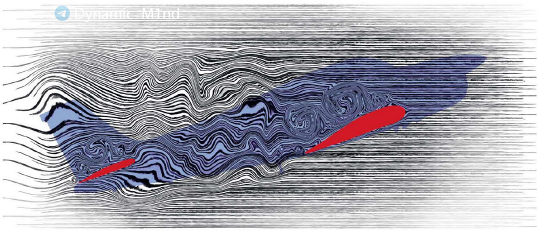
البته که باد همان چیزی است که بال هواپیما هنگام حرکت به سمت جلو در هوا تجربه می‌کند. هواپیماها با برخاستن، در صورت امکان، در خلاف جهت باد غالب، کمک بیشتری دریافت می‌کنند. نکته‌ی ظریف اینجاست که طبق اصل برنولی، قدرت مکش بستگی به شکل سطحی دارد که باد از آن عبور می‌کند. هوا روی سطح خمیده‌ی بالایی بال سریع‌تر از روی سطح پایینی صاف‌تر حرکت می‌کند. مانند پرده‌ی آویزان بین دوش سریع و دوش آهسته؛ بنابراین بال به دلیل فشار کمتر روی سطح بالایی به سمت بالا مکیده می‌شود.

اینکه چرا قسمت بالای منحنی بال باعث می‌شود هوا سریع‌تر حرکت کند بسیار پیچیده است. قبلا گفته می‌شد که دو مولکول هوا که همزمان از جلو به سمت عقب بال حرکت می‌کنند، یکی در بالا و دیگری در زیر آن، به دلایلی مرموز باید همزمان با هم به پشت

بال برسند. به عبارت دیگر، مولکول‌هایی که در سطح بالایی منحنی حرکت می‌کنند، راه بیشتری برای رفتن دارند، بنابراین – تصور می‌شد – آن‌ها باید سریع‌تر بروند. اما این اشتباه است. آن‌ها در واقع همزمان با یکدیگر به پشت بال نمی‌رسند و هیچ دلیلی وجود ندارد که آن‌ها باید باهم به پشت بال برسند. با این وجود، مولکول‌های هوا به جای پرواز مماس، سطح بالایی منحنی را در آغوش می‌گیرند، آن‌ها سریع‌تر روی سطح بالایی منحنی حرکت می‌کنند تا سطح صاف‌تر پایین و درنتیجه اثر برنولی مقدار مشخصی از بالاروی را ایجاد می‌کند.

با این اوصاف، باید مجددا تأکید کنم که کمک برنولی به بالاروی معمولا از روش اول، یعنی «تخته‌ی تخت» یا اثر نیوتونی، اهمیت کمتری دارد. اگر بالاروی برنولی مهمترین عامل بود، هواپیماها نمی‌توانستند وارونه

پرواز کنند ولی آن‌ها - حداقل کوچکترها - می‌توانند.



استال (توقف) هواپیما

الگوهای متلاطم در هواپیمای در حال توقف

توضیح دادم که مولکول‌های هوا سطح بالایی منحنی را در «آغوش» می‌گیرند و مماس با بال حرکت نمی‌کنند. اما این فقط تا نقطه‌ای صادق است. اگر زاویه‌ی حمله خیلی زیاد باشد - اگر بال بیش از حد به‌سمت بالا کج شود - «آغوش» شکسته می‌شود، مولکول‌های هوا از جریان نرم روی بال جدا می‌شوند و به‌سمت الگوهای متلاطم وحشتناکی می‌روند. مکش

برنولی از بین می‌رود، هواپیما به‌طور ناگهانی بالاروی را از دست می‌دهد و متوقف می‌شود. توقف می‌تواند خطرناک باشد و خلبان باید با کاهش زاویه‌ی حمله (معمولا با کمی کج کردن دماغه به پایین) اقداماتی را برای به‌دست آوردن مجدد بالاروی انجام دهد تا جریان مناسب و صاف هوا را به بالای بال بازگرداند.

من به «زاویه‌ی حمله» اشاره کردم و می‌خواهم آن را به همراه چند اصطلاح فنی دیگر مرتبط با پرواز تعریف کنم. زاویه‌ی حمله، زاویه‌ی بال نسبت به جریان هوا است. آن را با «گام» اشتباه نگیرید، که به زاویه‌ی نسبت به زمین اشاره دارد. هنگامی که هواپیما در حال بلند شدن است، گام رو به بالا است، به همین دلیل اگر با نوشیدن یک نوشیدنی از قوانین سرپیچی کرده باشید، نوشیدنی بر روی‌تان می‌ریزد. در این حالت زاویه‌ی حمله نیز زیاد است. اما گام بالا لزوما به معنای زاویه‌ی حمله‌ی بالا نیست.

یک هواپیمای جنگنده که تقریبا به صورت عمودی بالا می‌رود دارای گام بالایی است اما زاویه‌ی حمله‌ی کمی دارد زیرا جریان هوایی که بر روی بال می‌تازد تقریبا به صورت عمودی به سمت پایین است.

«گام»، هم یک فعل و هم یک اسم است. زمانی به هواپیما می‌گویند «گام» شده که زاویه‌ی آن نسبت به زمین به پایین یا بالا متمایل شود. گفته می‌شود زمانی که یک بال به‌سمت پایین خم می‌شود در حالی که بال دیگر به سمت بالا متمایل است، «گردش» رخ می‌دهد. خلبانان گردش را با هواکش‌های لولایی پشت بال‌ها کنترل می‌کنند. آن‌ها گام را هم با سطوح لولایی افقی مشابه بر روی دم کنترل می‌کنند. تعریف مهم سوم هم این است که، هواپیما وقتی به سمت چپ یا راست می‌چرخد، «انحراف» پیدا می‌کند. خلبانان با استفاده از یک سکان عمودی در

پشـت دم، انحـراف را کنتـرل می‌کننـد. حیوانـات پـروازی هـم، گام، گـردش و انحـراف انجـام می‌دهنـد.

تاکنـون بیشـتر در مـورد هواپیماهایـی بـا بال‌های ثابـت بحـث کردیـم، چـون تئـوری بال‌هـای ثابـت آسـان‌تر اسـت امـا بـا ایـن وجـود بـاز هـم تئـوری سـختی اسـت. بـرادران رایـت و چنـد طـراح اولیـه‌ی هواپیمـا از «تاب‌دهـی بـه بـال» اسـتفاده کردنـد، سیسـتمی مبتکرانـه از ریسـمان‌ها و قرقره‌هـا کـه بـا آن می‌توانسـتند شـکل بـال چـپ یـا راسـت را تغییـر دهنـد و در نتیجـه هواپیمـا را هدایـت کننـد. امـروزه، تاب‌دهـی بـه بـال توسـط شـهپرهای لولایـی جایگزیـن شـده اسـت. بـا بال‌هـای پرنـده، محاسـبات نظـری در مـورد چگونگـی دسـتیابی بـه بـالاروی و رانـش بـه جلـو سـخت‌تر از هواپیماهـای بال‌ثابـت اسـت. پرنـدگان نـه تنهـا می‌تواننـد بـال بزننـد بلکـه بال‌هـای آن‌هـا بـا روش‌هـای تنظیـم حساسـی دائمـا تغییـر شـکل می‌دهنـد - بـه

گمانم، شکلی از تاب‌دهی به بال‌ها. هم بال زدن و هم تغییر شکل، پرداختن به ریاضیات پرواز پرنده با جزئیات کامل را بسیار دشوار می‌کند. با این‌حال، می‌توان گفت که همان دو روش بالاروی - نیوتنی و برنولی - برای بال‌های پرنده و همچنین بال‌های هواپیما کار می‌کنند، اما برای پرندگان به روش‌های پیچیده‌تری. به این باز خواهیم گشت. برگردیم به مشکل سکون، که در مورد پرندگان و همچنین هواپیماها صادق است.

هواپیماها از وسیله‌های جالبی برای کاهش خطر توقف استفاده می‌کنند. از جمله‌ی این وسایل «هوازه» است. هوازه‌ها مانند بال‌های اضافی کوچکی هستند که در جلوی بال اصلی قرار می‌گیرند تا شکاف‌های قابل تنظیمی به نام اسلات‌ها را ایجاد کنند. از طریق شکاف‌ها، هوازه‌ها مقداری هوای اضافی را به سطح بالایی بال اصلی منحرف می‌کنند که در غیر این

صورت به جای دیگری می‌رفت. این کار نقطه‌ی بحرانی را که در آن چاله‌ی هوایی شروع می‌شود به عقب رانده و مسیر هوا را به سمت سطح بالایی بال معکوس می‌کند. توقف را متوقف می‌کند (پوزش می‌خواهم). هوازه‌ها زاویه‌ی حمله‌ی تندتری را بدون متوقف شدن هواپیما میسر می‌کنند. در پرواز معمولی هوازه‌ها به‌خوبی جمع می‌شوند. خلبانان از آن‌ها در هنگام برخاستن و فرود استفاده می‌کنند. زمانی که زاویه‌ی حمله در بیشترین حد خود قرار دارد و هواپیما با پایین‌ترین سرعت پرواز می‌کند. هواپیماهای مدرن گاهی اوقات پیچ و تاب زیبایی به نوک بال اضافه می‌کنند. این تلاطم و کشش را کاهش می‌دهد و کاری است که بال‌های پرنده هم انجامش می‌دهند.



هواپیماها و پرندگان باید با قوانین فیزیک مشابهی دست و پنجه نرم کنند

آن‌ها راه‌حل‌های مشابه اما نه یکسانی ارائه می‌دهند.

این تنها هواپیماها نیستند که از توقف رنج می‌برند. پرندگان هم هواپیماهای زنده‌ای هستند که از این رنج معاف نیستند. آیا آن‌ها هوازه‌هایی مانند هواپیما دارند؟ یک جورهایی. بسیاری از پرندگان اوج‌گیر شکاف‌های برجسته‌ای بین پرهای نزدیک به نوک بال دارند که به نظر می‌رسد همین کار را انجام می‌دهند. کرکس‌ها و عقاب‌ها این را به

زیبایی نشان می‌دهند. پرهای اولیه‌ی بسیار بزرگی که در لبه بیرونی بال مثل چتر بیرون زده و شکاف‌های برجسته‌ای بین‌شان ایجاد می‌شود. هر یک از آن پرهای اصلی بزرگ مانند نوعی بال یا بال مینیاتوری عمل می‌کنند. این مخصوصا ممکن است برای پرندگانی مهم باشد که در ستونی گرمایی که مثل دودکشی باریک از هوای گرم است و توسط سرما احاطه شده است به صورت مارپیچی بالا می‌روند. یک کرکس باید در دایره‌های کوچکی بچرخد تا از ستون گرمایی بیرون نرود. بنابراین، بال بیرونی سریع‌تر از بال داخلی حرکت می‌کند، که از این رو بالاروی کمتری را فراهم می‌کند و کرکس در خطر توقف قرار می‌گیرد. پرهای نوک بال به ویژه در اینجا مفید هستند و برای بخشی از بال که نزدیک‌تر به وسط ستون گرمایی است مانند هوازه‌های بال عمل می‌کنند.

مهندسان همواره با آزمایش طرح‌ها (اغلب

نسخه‌های مینیاتوری) در یک تونل باد، بال‌های هواپیما را کامل می‌کنند. این ماکت با سرعت در هوا حرکت نمی‌کند، اما همان اثر در تونل با وزش باد از کنار هواپیما یا بال ثابت به‌دست می‌آید. آن‌ها گاهی اوقات نوارهای کوچکی از پارچه را در بالای بال می‌چسبانند تا ببینند چه اتفاقی می‌افتد، مخصوصا وقتی کارهایی مانند تغییر شکل بال یا تغییر زاویه‌ی حمله را انجام می‌دهند، برای چاله‌ی هوایی چه اتفاقی می‌افتد. هنگامی که بال ماکت شروع به توقف می‌کند، نوارهای پارچه درست مانند پرهای عقب بال‌های مرغ مینای در حال توقف، بلند می‌شوند. بیشتر اوقات، آزمایش در تونل باد، راه آسان‌تری برای بهبود طراحی نسبت به محاسبات ریاضی است که در مورد چاله‌ی هوایی، بسیار دشوار است. مطمئنا این روش ایمن‌تر و ارزان‌تر از ساخت و پرواز آزمایشی مجموعه‌ای از هواپیماهای کامل با شکل‌های

مختلف بال است. البته، بال پرندگان نه با انجام محاسبات پیچیده، و نه با آزمون و خطا در تونل باد، بلکه با آزمون و خطا در زندگی واقعی کامل شده است. «خطا» در زندگی واقعی به معنای چیزی بسیار جدی‌تر از خطا در تونل باد است و می‌تواند به معنای مرگ ناگهانی باشد یا امید به زندگی و تولیدمثل را کاهش دهد.



توقف کنترل شده در یک پرنده

پرندگان نه‌تنها می‌توانند توقف کنند، بلکه گاهی عمدا برای کمک به پایین آمدن در هنگام فرود، از توقف استفاده می‌کنند. هنگامی که یک پرنده بزرگ مانند حواصیل یا قار به زمین برمی‌گردد، می‌توانید

اثرات تلاطم توقف را ببینید که پرهای پشت بال‌ها را بلند می‌کنند.



بال‌زن مبتکر لئوناردو

ممکن است به عنوان یک کایت کار کند. اما بال‌زدن با قدرت عضلانی انسان بی‌تاثیر خواهد بود.

لئوناردو داوینچی با الهام از پرندگان، تعدادی هواپیما طراحی کرد که کمی شبیه به کایت‌های مدرن هستند. او همچنین «بال‌زن‌ها» را طراحی کرد، هواپیماهایی با بال‌های متحرک که نیروی‌شان را از عضلات انسان می‌گرفتند. مانند هلیکوپتر لئوناردو، هیچ یک از این بال‌زن‌ها نمی‌توانستند کار کنند، اگرچه گلایدرهایش ممکن بود کار کنند. پرواز با بال زدن به انرژی بیشتری از انرژی تولید شده توسط ماهیچه‌های انسان نیاز دارد. پرواز

با نیروی انسان، باید تا اواخر قرن بیستم و توسعه‌ی مصالح بسیار سبک وزن صبر می‌کرد تا ضعف نسبی عضلات ما جبران شود. تعجبی ندارد که وقتی پرواز با نیروی انسان بالاخره به وقوع پیوست، ماشین‌ها بال‌های‌شان را تکان نمی‌دادند و فقط به سختی می‌توانستند در ارتفاع بمانند.

دیدنی‌ترین‌شان احتمالا «گوسامر آلباتروس Gossamer Albatross» است که توسط مخترع درخشان، پل مک‌کریدی طراحی شده است که افتخار این را داشتم تا در خانه‌اش در کالیفرنیا با او ملاقات کنم.

او از اشتیاقش برای استریم لاینینگ گفت. یکی از کمپین‌هایش درباره‌ی ماشین‌ها بود و شیوه‌ی تاسف‌آوری که آن‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که ساده به نظر می‌رسند

تا خریداران احتمالی را راضی کنند، اما معمولا ساده نیستند. به ویژه، قسمت‌های زیرین خودروها ساده نیستند، شاید تا حدی به این دلیل که قابل مشاهده نیستند و بنابراین ظاهر آن‌ها به فروش‌شان کمکی نمی‌کند. ساده‌سازی برای حیوانات شناگر و پروازی بسیار مهم است. اگر تا به حال شنای پنگوئن‌ها یا دلفین‌ها را چه در طبیعت و چه در آکواریوم تماشا کرده‌اید، احتمالا به سرعت آن‌ها حسادتتان شده است. انسان‌های شناگر، حتی قهرمانان المپیک در مقایسه با آن‌ها کاملا تنبل به نظر می‌رسند. دلفین با یک تکان دم به سمت جلو شلیک می‌شود، انگار برای سر خوردن درون آب روغن‌کاری شده‌اند. این

دور از واقعیت نیست. دلفین‌ها نه تنها شکل بدن‌شان فوق‌العاده ساده است، بلکه پوست دلفین‌ها به شکل نوعی شوره می‌ریزد و هر دو ساعت یک‌بار لایه‌ی بیرونی تعویض می‌شود. این امر باعث کاهش گردابه‌های کوچک می‌شود که وجودشان باعث کاهش سرعت حیوان می‌شود.

برگردیم به گوسامر آلباتروس – این وسیله توسط دوچرخه‌سواری باتجربه با رکاب‌زنی دوچرخه‌ای اصلاح شده برای به حرکت درآوردن یک ملخ کنترل می‌شد و با موفقیت از انگلستان تا انتهای کانال را در سال ۱۹۷۹ پرواز کرد. اما خلبان رکاب‌زن فراتر از مرز استقامت مردی جوان تحت فشار قرار گرفت و تقریبا در نزدیکی ساحل فرانسه سقوط کرد. این هواپیما

با سرعتی بین ۱۱ تا ۲۹ کیلومتر در ساعت، فقط چند متر بالاتر از امواج حرکت می‌کرد. مانند برادران رایت، مک‌کریدی به آلباتروس خود جلوتر از بال اصلی یک بال تثبیت کننده‌ی اضافی نصب کرد و پروانه‌اش رو به عقب بود. این بال‌ها بسیار بلند و باریک بودند و نزدیک به ۳۰ متر را پوشانده بودند. هواپیمای بسیار سبکی بود، تنها ۹۸ کیلوگرم، که بیش از نیمی از آن وزن خود خلبان دوچرخه‌سوار بود.

مک کریدی تا آخرین گرم از وزن غیرضروری را از هواپیما جدا کرد. حتی چسبی که برای چسباندن قطعات هواپیما به‌هم استفاده می‌شد، از نوع خاص و بسیار سبکی بود: وزن آن بسیار مهم بود! حیوانات پرنده نیز به همان اندازه سبک هستند که می‌توانند. استخوان‌های پرنده، خفاش و پتروسور توخالی هستند: باز هم بین ساختن استخوان‌های تا حد امکان سبک و از سوی دیگر شکستن آن هزینه-فایده وجود دارد. شاید فکر نکنید دندان‌ها وزن زیادی دارند، اما شاید پرندگان به این دلیل دندان‌های اجدادی خود را از دست دادند، که از منقار شیپور مانند جایگزین‌شان، سنگین‌تر بودند. هرچه هواپیما سریع‌تر باشد، ساده‌سازی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. اگر کنجکاو هستید که چرا این اتفاق می‌افتد، به دلیل اینکه مقاومت هوا به اندازه‌ی مربع سرعت بالا می‌رود. تصادفی نیست که

هواپیماهـای پرسـرعت مـدرن، چـه در آمریـکا، اروپـا یـا روسـیه طراحـی شـده باشـند، همگـی یکسـان بـه نظـر می‌رسـند. ایـن تشـابه فقـط بـا جاسوسـی صنعتـی توضیـح داده نمی‌شـود. مهندسـان تمـام کشـورها بایـد بـا قوانیـن فیزیـک یکسـانی مبـارزه کننـد. در سـال‌های قبـل کـه هواپیماهـا کندتـر بودنـد یکنواختـی طراحـی وجـود نداشـت.



گوسامر آلباتروس

گوسامر آلباتروس در حال عبور از کانال انگلیس، تنها توانست وزن دوچرخه‌سوار را بالا نگه دارد. پرواز از نظر انرژی بسیار پرهزینه است. درست در حد آنچه که عضلات انسان می توانند به دست آورند.



هواپیما

پل مک‌کریدی پس از گوسامر آلباتروس، به پروژه‌های پروازی دیگری مانند «سولار چلنجر Solar Challenger» پرداخت که یک هواپیما با انرژی خورشیدی است. چلنجر هم بسیار سبک و فوق‌العاده ساده بود. در سراسر بال‌ها و دم خود پنل‌های خورشیدی داشت که یک ملخ نسبتا بزرگ را به حرکت در می‌آورد. می‌توانست با سرعت ۶۴ کیلومتر در ساعت پرواز کند و به ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر برسد. بعدها هواپیماهای خورشیدی به شاهکارهایی مانند پرواز به دور دنیا دست یافتند البته

نـه در یـک پـرواز (بـه دلایـل انسـانی – ایـن سـفر هفته‌هـا طـول کشـید). بـا اینحـال، آن‌هـا شـب و روز پـرواز می‌کردنـد. باتری‌هـا هـم در طـول روز توسـط خورشـید شـارژ می‌شـدند.

گوسـامر آلباتـروس محدودیت‌هایـی را کـه می‌تـوان بـا قـدرت عضلانـی انسـان بـه دسـت آورد را کنـار زد. آن چیـزی کـه ماشـین‌های لئونـاردو آرزوی آن را داشـتند امـا نتوانسـتند را بـه دسـت آورد ولـی نـه بـا تـکان دادن بال‌هایـش ماننـد پرنـده‌ای کـه بال‌زن‌هـای لئونـاردو بـرای انجـام آن طراحـی شـده بودنـد. قـدرت عضلانـی در گوسـامر آلباتـروس بـا اسـتفاده از یـک ملـخ یـا پیـچ هـوا، ایـن هواپیمـا را بـه جلـو می‌رانـد. بـالاروی به‌طـور غیـر مسـتقیم از ایـن حرکـت رو بـه جلـو بـه دسـت می‌آمـد.

پـرواز نیـرودار بـا اسـتفاده از موتـور احتـراق داخلـی بـا بـرادران رایـت در سـال ۱۹۰۳ آغـاز شـد. سـاخت موتورهـای جـت در دهـه ۱۹۳۰ و به‌طـرز شـگفت‌آوری، تنهـا حـدود چهـار دهـه زمـان بـرد

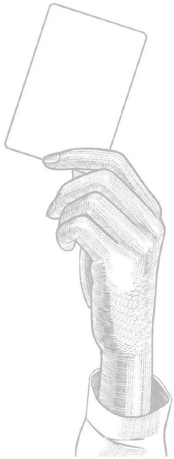
تا از دستاورد پیشگام برادران رایت به اولین پرواز مافوق صوت برسیم. تنها دو دهه بعد، اعضای گونه‌ی ما به ماه رفتند و برگشتند. موشک‌ها در جهت شرقی حرکت می‌کنند و از سرعت چرخش زمین استفاده می‌کنند تا به مدار پرتاب شوند. سکوی پرتاب سازمان فضایی اروپا در گویان فرانسه، مکان خوبی برای استفاده از این موقعیت است، زیرا نزدیک به خط استوا است، جایی که چرخش زمین در بهترین موقعیت قرار دارد تا موشک‌ها را به مدار برساند.

اگر برایت سوال است که اصل برنولی چگونه عمل می‌کند، در اینجا بدون استفاده از نمادهای ریاضی توضیح بسیار ساده‌ای خواهم داد. ابتدا باید بفهمیم فشار هوا در سطح مولکولی به چه معناست.

فشار روی یک سطح عبارت است از فشرده شدن تریلیون‌ها مولکول. مولکول‌های هوا دائما در جهت‌های تصادفی سریعا در حال حرکت هستند و هنگامی که به چیزی برخورد می‌کنند، مثلا به یکدیگر یا چیزی مثل سطح، تغییر جهت می‌دهند. وقتی بادکنک مهمانی را منفجر می‌کنید، سطح داخلی نسبت به بیرون تحت فشار بیشتری است. در سطح داخلی نسبت به سطح بیرونی مولکول‌های هوای بیشتری در هر سانتی‌متر مکعب وجود دارد. بنابراین هر سانتی‌متر مربع لاستیک در سطح داخلی خود بیشتر از سطح بیرونی خود در معرض بمباران مولکولی است. برخورد باد با صورت شما هم بمباران مولکولی

است. یک کارت را بالا نگه دارید، یک طرف قرمز، طرف دیگر سبز. در یک روز ساکن، کارت توسط مولکول‌ها با سرعت یکسان در هر دو طرف بمباران می‌شود. اما اگر طرف قرمز کارت به سمت باد باشد، سرعت بمباران مولکول‌ها در سمت قرمز افزایش می‌یابد و می‌توانید فشار باد را که به کارت فشار وارد می‌کند احساس کنید. این توضیح به اندازه‌ی کافی سرراست است. اما توضیح اصل برنولی، که کمی پیچیده‌تر است: کارت را بچرخانید تا افقی شود، سمت قرمز رو به بالا قرار گیرد. اکنون باد در سراسر (هر دو سطح) کارت می‌وزد. مولکول‌های هوا همچنان به‌طور تصادفی به همه‌چیز از جمله یکدیگر و هر دو سطح کارت برخورد می‌کنند.

اما حرکت مولکول‌ها، اگرچه تا حد زیادی تصادفی است، اما در جهت باد است. این بدان معناست که مولکول‌های کمتری هر دو سطح را بمباران می‌کنند - در عوض آن‌ها از کنار کارت با سرعت عبور می‌کنند. در این صورت می‌توان گفت که فشار روی هر دو سطح کاهش می‌یابد: کارت نه بالا می‌رود و نه پایین می آید. اما می‌توان با دو عدد سشوار، آزمایش را طوری طراحی کرد که باد در سطح قرمز سریع‌تر از سطح سبز بوزد. فشار روی سطح قرمز بیشتر از فشار روی سطح سبز کاهش می‌یابد و کارت بالا می‌رود.



کارت در دست

فصل ۸

پرواز نیرودار در حیوانات



فصل ۸

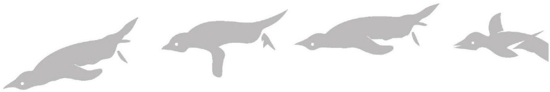
پرواز نیرودار در حیوانات

پـرواز حیوانـات پیچیده‌تـر اسـت و درک آن دشـوارتر از فهمیـدن ماشـین‌های انسـان اسـت. ایـن تـا حـدی بـه ایـن دلیـل اسـت کـه بال‌هـای متحـرک حیـوان را همزمـان بـا هدایـت هـوا بـه سـمت پاییـن (بیشـتر شـبیه هلیکوپتـر) بـه جلـو می‌بـرد (اصـل هواپیمـا). اگـر پرنـده‌ای در حـال پـرواز را در یـک ویدیـوی صحنه‌آهسـته تماشـا کنـی (بـه اسلوموشـن نیـاز داریـم تـا حتـی امیـدوار باشـیم کـه ببینیـم چـه اتفاقـی دارد می‌افتـد) متوجـه خواهـی شـد کـه بال‌هـا بـه سـادگی بـه بـالا و پاییـن نمی‌رونـد. انحنـای بال‌هـا همـراه بـا انعطاف‌پذیـری پرهـا، پرنـده را بـه جلـو می‌رانـد،

که با دو روشی که در فصل ۷ دیدیم، یعنی روش‌های نیوتونی و برنولی، بالاروی را میسر می‌کند. در عین حال، همان‌طور که در ابتدای فصل ۷ در بخش هلیکوپتر دیدیم، حرکت رو به پایین بال‌ها به خودی خود باعث بالا رفتن می‌شود. حرکت صعودی با ایجاد اثر معکوس، اوضاع را خراب نمی‌کند (ساده‌لوحانه بود اگر چنین انتظاری داشتیم). این تا حدی به دلیل انحنای بال است و تا حدی به این دلیل است که در حین حرکت به سمت بالا پیچ می‌خورد و مفاصل آرنج و مچ به سمت داخل کشیده می‌شوند، بنابراین مساحت بال در مقایسه با حرکت رو به پایین قوی کاهش می‌یابد.

پرندگان و سایر حیوانات پرنده که ملخ یا جت ندارند، از بال‌های خود برای حرکت به جلو و همچنین برای بالاروی مستقیم استفاده می‌کنند. این برخلاف هواپیماهای ساخته شده توسط انسان است که بال‌های آن بالاروی

را فراهم می‌کنند اما پیش‌رانی به جلو ندارند. حالت افراطی مخالف آن زمانی است که بال‌ها منحصرا وظیفه‌ی پیش‌رانی به جلو را بر عهده دارند نه بالاروی که می‌توان آن در پنگوئن‌ها مشاهده کرد، اما البته در زیر آب است، نه در هوا. پنگوئن‌ها شناور هستند، سبک‌تر از آب هستند، بنابراین برای بالاروی نیازی به بال ندارند. در عوض، از بال‌های خود برای «پرواز» در زیر آب استفاده می‌کنند. بر خلاف بودن در خشکی که آهسته قدم برمی‌دارند و به‌طور نامناسبی راه می‌روند، اما مانند دلفین‌ها بسیار سریع در آب راه حرکت می‌کنند، اگرچه دلفین‌ها با استفاده از حرکات دم به سمت بالا و پایین خود را به جلو می‌برند. دلفین‌ها و پنگوئن‌ها هر دو به زیبایی ساده هستند. ساده‌سازی برای اجداد پنگوئن‌ها که از قبل برای پرواز در هوا ساده شده بودند، راحت بود.



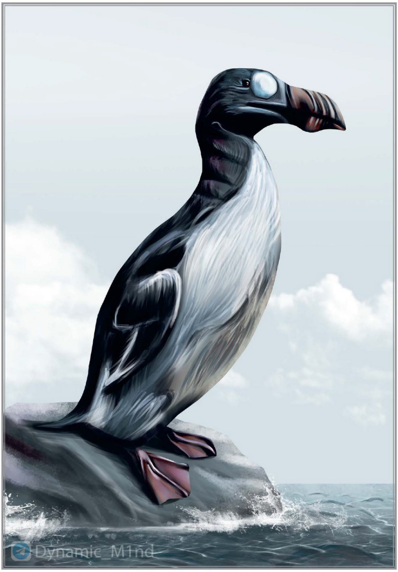
سایر پرندگان دریایی مانند طوطی‌های دریایی، سفیدغازها، تیغ‌نوک‌ها و گیله‌مات‌ها نیز از بال‌های خود برای پرواز در زیر آب استفاده می‌کنند. اما برخلاف پنگوئن‌ها، آن‌ها از بال‌هایشان برای پرواز در هوا هم استفاده می‌کنند. بهترین شکل بال برای پرواز در هوا با بهترین شکل بال برای پرواز در آب یکسان نیست. برای پرواز در زیر آب، بال‌های کوچک‌تر بهترند. طوطی‌های دریایی و گیله‌مات‌ها باید به میان‌گیری بسنده کنند، در حالیکه پنگوئن‌ها هوا را رها کردند و می‌توانستند بال‌های خود را تنها برای آب بی‌نقص کنند. طوطی‌های دریایی بال‌های کوچک‌تری نسبت به حالت ایده‌آل پرواز در هوا دارند و در نتیجه باید به بال زدن بسیار سریع و پرهزینه متوسل

شوند. در عین حال، بال‌های آن‌ها بزرگ‌تر از آن چیزی است که برای شنا ایده‌آل باشد. بار دیگر اصل فرگشتی میان‌گیری را مشاهده کردیم.

قره‌غازها با پاهای بزرگ خود در آب حرکت می‌کنند، تنها با کمی کمک از بال‌ها، که عمدتا برای پرواز در هوا هستند. ماهی‌گیرک بزرگ، یکی از خویشاوندان منقرض شده‌ی گیله‌مات/تیغ‌نوک، نمی‌توانست پرواز کند و مثل پنگوئن‌ها بال‌هایش برای شنا عالی بود. ماهی‌گیرک بزرگ گاهی اوقات با عنوان «پنگوئن شمال» شناخته می‌شود. در واقع، نام لاتین آن‌ها «پینگوئینوس Pinguinus» است، اما پنگوئن‌ها خویشاوندی نزدیکی با آن‌ها ندارند. ماهی‌گیرک بزرگ بال‌های کوچکی داشت که برای پرواز خیلی کوچک و بسیار شبیه به بال‌های پنگوئن بودند. گویی اجدادشان تیغ‌نوک‌های شمالی بودند که می‌گفتند: « تلاش برای پرواز در هوا و آب

بـرود بـه جهنـم. میان‌گیـری بسـیار گـران تمـام می‌شـود. هـوا را فرامـوش کنیـم و روی آب تمرکـز کنیـم. چـون آن‌موقـع اسـت کـه می‌توانیـم یـک کار را واقعـا خـوب انجـام دهیـم.»

مایـه تاسف اسـت کـه مـن و شـما مزیـت دیـدن ماهی‌گیـرک بـزرگ را از دسـت دادیـم. آن‌هـا ماننـد اغلـب اوقـات بـه دسـت انسـان‌ها در همیـن اواخـر یعنـی قـرن نوزدهـم منقـرض شـدند. شـاید، فقـط شـاید، نوه‌هـای مـا یـک ماهی‌گیـرک بـزرگ را ببیننـد. ژنـوم آن‌هـا قبـلا از نمونـه‌ای در مـوزه‌ای در کپنهـاگ توالی‌یابـی شـده اسـت. یکـی از همکارانـم اکنـون در حـال بحـث در مـورد امـکان اسـتفاده از تکنیک‌هـای جدیـد ویرایـش ژن بـرای ویرایـش ژنـوم تیغ‌نـوک اسـت تـا سـلول‌ها را در غـدد جنسـی مثـلا یـک جفـت غـاز قـرار دهنـد تـا از یکـی از تخم‌هـای آن‌هـا یـک ماهی‌گیـرک بـزرگ بیـرون بیایـد.



پنگوئن شمال

افسوس که ماهی گیرک بزرگ در قرن نوزدهم منقرض شد.



بازشاپرک مگس‌مرغی

هنگام دیدن این پروانه و شنیدن صدای بال‌هایش ، ممکن است فکر کنید که مرغ مگس‌خوار است. بازشاپرک مگس‌مرغی مانند مرغ مگس‌خوار عمل می‌کند، بنابراین به‌طور هم‌گرا به آن سمت فرگشت یافته است.

به پرواز در هوا برگردیم. پیش‌رانی به جلو توسط بال‌ها با نوعی پارو زدن در هوا حاصل می‌شود. مرغ مگس‌خوار تا حد اعلای پارو زدن دوتایی، با صدای وزوز (زمزمه)، حرکت می‌کند که در آن بال در حرکت به سمت بالا تقریبا وارونه می‌شود. بال در حرکت رو به پایین هم

تقریبا به همان اندازه خوب کار می‌کند که در حرکت رو به بالا بهینه عمل می‌کند و به مرغ مگس‌خوار این امکان را می‌دهد که مانند یک هلیکوپتر شناور شده و به سمت عقب، پهلو و حتی گاهی اوقات وارونه پرواز کند. شناور شدن برای پرندگان یک کشف مهم فرگشتی بود. قبلا حشرات شهد را در انحصار خود داشتند، زیرا می‌توانستند روی گل‌ها بنشینند. پرندگان قبل از ابداع شناور ماندن، خیلی سنگین بودند. شهدخواران معادل مرغان مگس‌خوار دنیای جدید هستند و تنها برخی از آن‌ها می‌توانند شناور بمانند. برخی از گل‌ها دارای برجستگی‌های خاصی هستند که به‌نظر می‌رسد به‌عنوان نشیمن‌گاه برای شهدخواران طراحی شده‌اند. در میان حشرات، مگس‌های گل‌زار قهرمان شناوری هستند. تعدادی از گونه‌های شاپرک به نام بازشاپرک‌های مگس‌مرغی هم در معلق ماندن در حین

مکیدن شهد گل‌ها با زبان بسیار بلندشان خوب هستند. آن‌ها نام خود را از شباهت‌شان به مرغ مگس‌خوار گرفته‌اند: نمونه‌ی خوب دیگری از فرگشت هم‌گرا. سنجاقک‌ها هم در شناور ماندن خوب هستند و احتمالا به همین دلیل است که نام انگلیسی «هلیکوپتر مسیح» را هم تصاحب کرده‌اند.

با تماشای یک پرنده‌ی در حال پرواز، حتی یک ویدیوی اسلوموشن، جدا کردن بخش فشار به پایین «هلیکوپتر» از بخش رانش رو به جلو «هواپیما»، سخت است. تک‌تک پرندگان تکیه به بخش‌های مختلف را از یکی به دیگری تغییر می‌دهند، برای مثال با تکیه بر مولفه‌ی «هلیکوپتر» (با کمک پرش) هنگام بلند شدن، سپس تکیه بر مولفه‌ی «هواپیما» هنگامی که پرواز افقی می‌شود. گونه‌های مختلف پرنده در یک مولفه تخصص دارند. مرغان مگس‌خوار تنها متخصصان پرواز «هلیکوپتری» نیستند.

ماهی‌خورک‌های ابلق آفریقایی و آسیایی بزرگ‌ترین پرندگانی هستند که واقعا می‌توانند برای زمان‌های طولانی شناور بمانند. هنگامی که ماهی‌خورک‌های دیگر برای جستجوی ماهی نشسته‌اند، ماهی‌خورک‌های ابلق این کار را از هوا انجام می‌دهند و مانند یک مرغ مگس‌خوار غول پیکر معلق می‌مانند. اما بال‌های بزرگ زمزمه نمی‌کنند.

کسترل‌ها وقتی به دنبال طعمه می‌گردند، به روش دیگری شناور می‌شوند و بعضی ترجیح می‌دهند که اصلا آن را شناور شدن نخوانند. کاری که کسترل‌ها انجام می‌دهند این است که با سرعتی برابر با باد اما در جهت مخالف آن پرواز می‌کنند. این به این معنی است که سرعت‌شان بر روی زمین صفر است درحالیکه سرعت‌شان در هوا (سرعت نسبت به باد مقابل) به اندازه‌ی کافی سریع هست که آن‌ها را بلند کند. ماهی‌خورک ابلق و مرغ

مگس‌خوار - مانند هلیکوپترها - برای شناور شدن نیازی به باد ندارند.

پرندگان دارای ماهیچه‌های جداگانه‌ای برای حرکت دادن بال‌ها به سمت بالا و پایین هستند. ماهیچه‌های بزرگ سینه (ماهیچه‌ی سینه‌ای بزرگ) حرکت رو به پایین را ممکن می‌کنند. این ماهیچه‌ها می‌توانند ۱۵ یا ۲۰ درصد وزن بدن را تشکیل دهند. همان‌طور که قبلا در حدس و گمان‌های خود در مورد جبرئیل و پگاسوس دیده بودیم، آن‌ها به یک تیغه یا جناغ بزرگ برای اتصال بال‌ها نیاز دارند. ممکن است فکر کنید که عضلات حرکت رو به بالا باید در بخش فوقانی بال باشند که البته در خفاش‌ها همین‌طور هم هست. اما در پرندگان این‌طور نیست زیرا آن‌ها (ماهیچه‌های سینه‌ای کوچک) زیر بال می‌نشینند و با استفاده از یک «طناب» (تاندون) و «قرقره‌ای» بر روی شانه، بال را به سمت بالا می‌کشند. سایر

عضلات زاویه‌ی بال را می‌چرخانند و بعضی دیگر با خم کردن مفاصل مچ و آرنج شکل بال را تغییر می‌دهند.

می‌توانستم در فصل ۶ که در مورد بال بازروی بود، به آلباتروس‌ها بپردازم. چون آن‌ها بیشتر اوج می‌گیرند و نزدیک سطح دریا بال‌بازروی می‌کنند. اما از اصولی استفاده می‌کنند که هنوز توضیح داده نشده است، بنابراین می‌خواهم درباره‌ی آن‌ها صحبت کنم. آلباتروس‌ها استادان پرواز با انرژی مصرفی اقتصادی هستند. یک آلباتروس در پایان عمر خود ممکن است بیش از یک و نیم میلیون کیلومتر پرواز کرده باشد و بارها و بارها کره‌ی جنوبی را دور زده باشد. آلباتروس‌ها به‌جای ستون‌های گرمایی، از جریان‌های باد طبیعی دریا برای بالاروی استفاده می‌کنند. آن‌ها در برخی موارد صدها کیلومتر بدون فرود پرواز می‌کنند و به‌ندرت بال‌های خود را تکان می‌دهند و

انـرژی بسـیار کمـی بـرای پـرواز صـرف می‌کننـد. بزرگتریـن گونـه‌ی آلباتـروس، آلباتـروس سـرگردان اقیانوس‌هـای جنوبـی اسـت و همـواره سراسـر کـره‌ی زمیـن را در جهـت بـاد غالـب دور مـی‌زد. آلباتـروس نمی‌توانـد منفعلانـه از بـاد سـواری بگیـرد و بـالاروی خـود را حفـظ کنـد و بـرای بـه دسـت آوردن ارتفـاع قبـل از بال‌بـازروی بـه سـمت پاییـن بـه معادلـی از سـتون گرمایـی نیـاز دارد. بنابرایـن به‌طـور متنـاوب بیـن بال‌بـازروی در جهـت بـاد و سـپس پـرواز برخـلاف جهـت بـاد پیـش مـی‌رود. هنـگام مواجهـه بـا بـاد نسـبتا آهسـته‌ی نزدیـک بـه سـطح دریـا، ماننـد هواپیمایـی می‌شـود کـه بـا روش‌هـای نیوتـون و برنولـی بلنـد می‌شـود. ایـن باعـث می‌شـود تـا ارتفاعـی بـالا بـرود کـه از آنجـا در جهـت بـاد سـریع‌تر دوبـاره بـه سـمت پاییـن بال‌بـازروی کنـد. در طـول ایـن مرحلـه از چرخـه‌ی خـود ماننـد کرکسـی کـه از سـتون گرمایـی بیـرون می‌آیـد یـا پوست‌گسـتری کـه از بـالای درخـت

پایین می‌آید ارتفاع خود را از دست می‌دهد. وقتی آلباتروس در نزدیکی سطح دریا که باد کندتر می‌وزد پایین می‌آید، رو به باد می‌شود و دوباره بالا می‌رود. این چرخه همواره تکرار می‌شود. او همچنین سطوح پروازی خود را به طرز ماهرانه‌ای تنظیم می‌کند تا از گردبادها و جریان‌های عمودی ناشی از امواج استفاده کند. این جریان‌های عمودی ناشی از موج‌ها نسبت به ستون‌های حرارتی، ناپایدارتر و نامنظم‌تر هستند. استفاده از آن‌ها مستلزم تنظیم لحظه به لحظه و حساس سطوح پروازی است که تنها با «الکترونیک» پیچیده‌ای - یک سیستم عصبی پیشرفته - قابل دستیابی است.

برای پرنده‌ی بال‌بازرو و متخصص اما بسیار بزرگی مانند آلباتروس، بلند شدن از زمین یک مشکل است. آلباتروس‌ها می‌توانند بال‌های خود را تکان دهند، اما طبق معمول، پرواز با بال زدن به انرژی بیشتری نیاز دارد و برای

پرنـدگان بـزرگ، بسـیار پـر زحمـت اسـت. آن‌هـا هنـگام برخاسـتن از زمیـن تقریبـا همـان کاری را می‌کننـد کـه یـک هواپیمـا انجـام می‌دهـد. بـه سـرعت در امتـداد یـک «بانـد فـرودگاه» بـه سـمت بـاد می‌دونـد تـا زمانـی کـه بـه سـرعتِ هـوای کافـی بـرای کشـیدن بال‌هـای خـود بـه سـمت بـالا دسـت پیـدا کننـد. کلونی‌هـای آلباتروس‌هـا در واقـعماننـد هواپیمـا دارای باندهـای قابـل تشـخیصی هسـتند. خـودم در گالاپاگـوس و نیوزلنـد ایـن باندهـا را دیـده‌ام. برخـلاف هواپیمـا، آن‌هـا بال‌هـای خـود را تـکان هـم می‌دهنـد تـا بـالاروی بیشـتری بـه دسـت آورنـد. وقتـی در دریـا هسـتند، اگرچـه می‌تواننـد بـرای مسـافت‌های حیرت‌انگیـز روی امـواج بال‌بـازروی کننـد امـا گاهـی بـرای مثـلا ماهیگیـری یـا اسـتراحت فـرود می‌آینـد. امـا بلنـد شـدن بـاز هـم برایشـان مشـکل اسـت. آن‌هـا تـا جایـی کـه می‌تواننـد بال‌هـای خـود را تـکان می‌دهنـد و بـه سـرعت روی

سطح می‌دوند، شبیه برخاستن شدید یک قایق پرنده‌ی قدیمی ساندرلند (اما با اضافه شدن بال‌های تکان دهنده که مهم است). قوها هم به اندازه‌ای بزرگ هستند که با همان مشکل بلند شدن از آب مواجه شوند. من مرتبا صدای بلند و ریتمیک بال‌هایشان را می‌شنوم و می‌روم تا آن‌ها را که به آرامی و با تلاش زیاد از سطح کانال آکسفورد بلند می‌شوند از پشت پنجره‌ی خانه‌ام تماشا کنم.



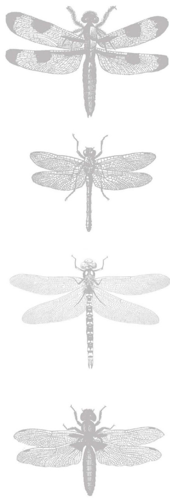
قوها در کانال آکسفورد

پرندگان بزرگ برای بلند شدن تلاش می‌کنند اما انجامش می‌دهند.

☜ اینکه پرندگان می‌توانند از روی سطح آب عبور کنند، ممکن است تعجب‌آور به نظر برسد، اما غیرمعمول نیست. همان‌طور که دیدیم، بال‌های پرندگان به جای استخوان‌ها، توسط پرها محکم می‌شوند؛ یعنی بال‌هایشان مانند بال‌های خفاش‌ها و پتروسورها به پاهای عقبی متصل نیستند. بنابراین پاهای پرنده برای دویدن آزاد است. بسیاری از پرندگان پاهای قدرتمندی دارند و می‌توانند بسیار سریع بدوند، شترمرغ‌ها می‌توانند به سرعت ۷۰ کیلومتر در ساعت برسند. پاهای قوی آن‌هاست که برخی از پرندگان را قادر می‌سازد تا روی سطح آب بدوند. مارمولک‌ها خویشاوندان دور پرندگان هستند و برخی از بزمچه‌های تیغ‌دار

مانند بزمچه‌ی عیسی مسیح ساکن آمریکای جنوبی و مرکزی با سرعت ۲۴ کیلومتر در ساعت روی سطح آب می‌دوند، تقریبا با همان سرعتی که می‌توانند روی خشکی بدوند. کشیم‌های غربی آمریکای شمالی یک رقص معاشقه‌ی باشکوه و نسبتا خنده‌داری دارند که در آن پرندگان نر و ماده پشت سر یکدیگر روی آب می‌دوند، آنقدر سریع که فقط پاها و دم آن‌ها با سطح آب تماس پیدا می‌کنند. این توانایی مشابهی است که آلباتروس‌ها، هر چند پر زحمت‌تر، در برخاستن از سطح دریا از آن استفاده می‌کنند. آلباتروس‌ها پاهای تاردار بزرگی دارند که به کمک‌شان می‌آیند. پاهای کشیم دقیقا شبکه‌ای نیستند، اما هر

انگشت پا دارای لبه‌های برگ مانندی است که تقریبا به همان اندازه به آن‌ها کمک می‌کند.



سنجاقک

حشرات نزدیک به ۲۰۰ میلیون سال قبل از اینکه مهره‌داران در قالب پتروسورها به آن‌ها ملحق شوند، اربابان بلامنازع هوا بودند. من

تعجب می‌کنم که چرا پرواز برای مهره‌داران این‌قدر طول کشید. همیشه فکر کنم که اگر یک کُنام در دسترس باشد، حیوانی به سرعت فرگشت می‌یابد تا آن را پُر کند. سخت است فهمیدن اینکه چرا تعداد زیادی کُنام پروازی در دسترس - فرار از دست شکارچیان، جستجوی غذا از هوا، مهاجرت در فواصل طولانی، گرفتن حشرات در بال، تمام چیزهایی که در فصل ۲ در موردشان صحبت کردیم - خیلی زودتر توسط مهره‌داران پر نشده بود. با توجه به مطالب فصل ۴، گمان می‌کنم اندازه‌ی کوچک‌شان می‌توانست حشرات را قادر سازد تا خیلی زودتر پرواز کنند.

در دوره‌ی زُغالین‌بر، حدود ۳۰۰ میلیون سال پیش، زمانی که بیشتر میدان‌های زغال‌سنگ‌مان رسوب کردند، سنجاقک‌هایی بزرگ با طول بال ۷۰ سانتی‌متری در میان سرخس‌ها و پنجه گرگ‌ویسان غول‌پیکر

زندگی می‌کردند.

ممکن است متوجه خطایی کوچک و سرگرم کننده در فیلم علمی تخیلی پارک ژوراسیک اثر مایکل کرایتون شوید. ماجراجویان با سنجاقک‌هایی با طول بال‌های یک متری روبرو می‌شوند. به‌نظر می‌رسد نویسنده از داستان خود غافلگیر شده است و ایده‌ی اصلی و زیرکانه‌ی آن را فراموش کرده است که دانشمندان پارک ژوراسیک موجوداتی را از دی‌ان‌ای موجود در خون مکیده شده توسط پشه‌ها که بعدا در کهربا مومیایی شده است، پرورش دادند. اما پشه‌ها خون سنجاقک‌ها را نمی‌مکند و به هر حال قدیمی‌ترین حشرات حفظ‌شده کهربا ۱۰۰ میلیون سال دیرتر از سنجاقک‌های غول‌پیکر دوره‌ی زغالین بر زندگی کرده‌اند.

با وجود شواهدی از چندین منبع، پیشنهاد شده است که غول‌پیکر بودن سنجاقک‌های

زغالین بر تنها به این دلیل امکان‌پذیر بوده که در آن دوره اکسیژن بیشتری در جو وجود داشته است که بر اساس برآوردها شاید تا ۳۵ درصد در مقایسه با ۲۱ درصد اکسیژن موجود در هوای امروز. سیستمی که در حشره هوا را به‌جای ریه‌ها به کل بدن می‌رساند، تنها در بدن نسبتا کوچکی کارآمدی دارد. جو غنی‌تر از اکسیژن می‌توانست این محدودیت را افزایش دهد. با سطوح بالاتر اکسیژن، آتش‌سوزی جنگل‌ها و دشت‌ها (که توسط رعد و برق مشتعل می‌شوند) شایع‌تر بودند. شاید سنجاقک‌های غول پیکر از بال‌های بزرگ خود برای فرار از آتش استفاده می‌کردند. آن‌ها شانس بهتری نسبت به همنوعان خزنده‌ی خود داشتند: هزارپاهای غول پیکر زغالین بر با طول ۲.۵ متر، یا «پالمونواسکورپیوس Pulmonoscorpius»، عقربی غول‌پیکر به طول ۷۰ سانتی متر - به نظرم، کابوس‌ها از

آن‌ها ساخته شده‌اند. اریوپس هم که اگر آن را یک سمندرک غول‌پیکر بنامیم شاید نسبتا بی‌خطر به نظر برسد، اما گوشتخواری حریص بود که تا ۳ متر طول داشت و در آن دوره روش زندگی کروکدیلی را انتخاب کرده بود.

حشرات استخوان ندارند. با نگاه کردن به خویشاوندان بزرگترشان مانند خرچنگ، می‌توان از اسکلت آن‌ها تصور بهتری پیدا کرد. به‌جای استخوان‌ها مجموعه‌ای از لوله‌های شاخی و مفصلی دارند، «اسکلت بیرونی» که قسمت‌های نرم و مرطوب بدن را در خود جای داده است. بال‌های حشرات مانند بال‌های پرنده بازوهای اصلاح‌شده نیستند، برآمدگی‌های کاغذی اسکلت بیرونی هستند که در دیواره‌ی قفسه‌ی سینه لولا شده‌اند. ماهیچه‌هایی که بال‌ها را بالا می‌برند، بخش انتهایی بال را در داخل دیواره بدن به سمت پایین می‌کشند، به همین دلیل بال مانند

یک اهرم بالا می‌رود. در تعداد کمی از حشرات بزرگ مانند سنجاقک‌ها، همان‌طور که انتظار دارید، حرکت به سمت پایین توسط ماهیچه‌های دورتر لولا به دست می‌آید. اما در تعداد بیشتری از حشرات، سقوط به روشی کمتر آشکار حاصل می‌شود. عضلاتی که در امتداد قفسه‌ی سینه قرار دارند منقبض می‌شوند و باعث خمیدگی سقف سینه به سمت بالا می‌شوند که اثر غیرمستقیمی بر اهرم زدن بال‌ها به سمت پایین دارند - همان‌طور که در قفسه‌ی سینه لولا شده‌اند.

حشرات می‌توانند به بسامد بالا و حیرت‌انگیزی از بال زدن دست یابند، ۱,۰۴۶ بار در ثانیه در برخی مگس‌ریزه‌ها: دو اکتاو بالاتر از سی میانی. این نسخه‌ای از آن صدای خشم‌آمیزی است که وقتی پشه‌ای می‌خواهد شما را نیش بزند می‌شنوید - چیزی که شاعر دی. اچ. لارنس آن را «ترومپت کوچک نفرت‌انگیز»

نامید. همان‌طور که می‌توانید تصور کنید، رسیدن به چنین بسامد بال زدنی با اعصابی که همواره به ماهیچه‌های بال ۱۰۰۰ بار در ثانیه می‌گویند «بالا-پایین-بالا-پایین-بالا-پایین» دشوار است که البته آن‌ها این کار را نمی‌کنند. در عوض، این حشرات دارای ماهیچه‌های نوسانی هستند که به خودی خود ارتعاش می‌کنند که نوعی لرزش با سرعت بالا است. ماهیچه‌های پروازی پشه یا زنبور یا پشه‌ریزه، موتورهای رفت و برگشتی کوچکی هستند که یا روشن یا خاموش هستند. به‌جای دستورالعمل‌های متناوب، «بالا-پایین-بالا-پایین»، سیستم عصبی مرکزی خیلی ساده می‌گوید «پرواز» (موتور نوسانی را روشن کن). و سپس، پس از مدتی می‌گوید: «توقف پرواز» (موتور را خاموش کن). نه اهرم پیش‌رانی وجود دارد، نه پدال گاز. موتور ماهیچه‌ای زمانی که روشن است، تمام مدت با بسامد ثابتی

می‌لرزد که توسط «فرکانس تشدید» بال‌ها تعیین می‌شود. انگار بال یک پاندول است که با بسامد ثابتی می‌چرخد اما بسیار سریع‌تر از پاندول هر ساعتی. همان‌طور که از مقایسه آونگ انتظار دارید، اگر بال‌ها را با قطع عضو کوتاه کنید، بسامد بال زدن به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد. مسلما به نظر می‌رسد نوتی که می‌شنویم با ناله کردن پشه در اطراف گوش یا وزوز زنبور عسل در اطراف بستر گل متفاوت باشد. اما این بیشتر به این دلیل است که با تغییر جهت حشره، آنچه که اثرات اینرسی نامیده می‌شود، رفتار «پاندول» را تغییر می‌دهد. به همین دلیل زمان‌سنج دریایی هریسن یک پیشرفت مهم بود. ساعت‌های پاندولی در کشتی‌های غلتان دقیق عمل نمی‌کنند.



انگشت‌گز غول‌پیکر

بزرگ‌ترین حشره با عضله‌ی موتور نوسانی. سر به سر آن آرواره‌ها نگذارید!

بعضی از حشرات بزرگ‌تر مانند سنجاقک و ملخ کاملا متفاوت هستند و مانند پرندگان، هر حرکت بالا و پایین بال به‌طور جداگانه توسط سیستم عصبی مرکزی فرمان می‌گیرد. اغلب حشرات کوچک هستند که از نوع عضله‌ی موتور نوسانی استفاده می‌کنند. اما نه به‌طور کامل. احتمالا بزرگ‌ترین حشره‌هایی که این

کار را انجـام مـی‌دهنــد، حشــرات غول‌پیکــر آب هسـتند («بـاگ Bug»، اگرچـه معمـولا بـرای اشـاره بـه هـر حشـره و حتـی باکتـری یـا ویروسـی اسـتفاده می‌شـود امـا درواقـع یـک اصطـلاح جانورشناسـی دقیـق اسـت کـه بـه حشـراتی کـه غذای‌شـان را می‌مکنـد و ازراسـته‌ی نیم‌بـالان هسـتند محـدود می‌شـود.). حشـرات غول‌پیکـر آب موجـودات اسـتوایی مهیبـی هسـتند بـا آرواره‌هایـی هشـدار دهنـده کـه نیـش دردنـاک امـا غیـر سـمی‌ای دارند. اگرچـه آن‌هـا عمدتـا درآب زندگـی می‌کننـد، امـا می‌تواننـد پـرواز کننـد و از موتورهـای عضلـه‌ی پروازی نوسـانی خـود بـرای انجـام ایـن کار استفاده می‌کننـد. بـه دلیـل انـدازه‌ی بزرگ‌شـان بـه آن‌هـا نـام اسـتاد آکسـفوردم «جـان خنـدان» پرینـگل (بـه ایـن دلیـل کـه به‌نـدرت لبخنـد می‌زنـد)، به‌خاطـر مطالعاتــش در مــورد عضلــه‌ی نوســانی داده شـده اسـت. اگـر بـر روی فیبرهـای عضلانـی یـک پشـه‌ریزه تحقیـق می‌کنیـد، فهمیـدن کاری کـه

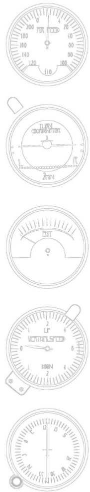
انجام می‌دهید دشوار است.

خفاش‌ها، تنها پستانداران پرنده‌ی واقعی، با روشی مشابه پرندگان بال می‌زنند. درحالیکه بال‌های آن‌ها فاقد انحنای مفیدی هستند که پرها ارائه می‌کنند، اما به‌نظر می‌رسد خفاش‌ها ترفند متفاوتی در آستین‌های چرمی‌شان دارند. علاوه بر ماهیچه‌های اصلی که کنترل بال زدن و فاصله‌ی انگشتان بین تاربال را کنترل می‌کنند، ردیف‌هایی از ماهیچه‌های نازک و نخ مانند هم در پوست بال‌ها تعبیه شده‌اند. نمی‌دانم آیا این بال‌پوست‌های پهلویی درفرگشت از ماهیچه‌هایی که همه‌ی پستانداران در پوست خود برای برافراشتن موها دارند (همان‌هایی که در هنگام سرما موهای بدنمان را سیخ می‌کنند - یادگاری جذاب از زمانی که به اندازه‌ی کافی مو داشتیم تا ما را گرم نگه دارند) گرفته شده‌اند یا خیر. منشأ آن‌ها هرچه که باشد، به‌نظر می‌رسد از آن‌ها

برای تنظیم تنش در قسمت‌های مختلف سطوح پروازی خفاش استفاده می‌شود یا شاید هم برای ایجاد انحنا به روشی متفاوت از بال پرندگان. این ماهیچه‌های تنظیم‌کننده‌ی ظریف درون پوست با تنظیمات در مقیاس بزرگ‌ترِ حرکات انگشت ترکیب می‌شوند تا کنترل حساس سطوح پروازی را فراهم کنند. چنین کنترل پیچیده‌ای احتمالا در شکارچیانی که مانند خفاش سریع پرواز می‌کنند مهم است. درواقع، خفاش‌ها (خفاش‌های کوچک) با ابزار دقیق راداری پیشرفته‌شان (در واقع سونار) من را به یاد هواپیماهای جنگنده‌ی تهاجمی با کارایی بالا می‌اندازند. خفاش‌های میوه‌خوار بزرگ، از جمله روباه‌های پرنده، نیازی به مانور با سرعت بالا ندارند؛ چون آن‌ها اهداف متحرکی، شبیه به خفاش‌های کوچک شکارگر حشرات را تعقیب نمی‌کنند. میوه فرار نمی‌کند.

بر خلاف خفاش‌های کوچک، خفاش‌های میوه‌خوار بزرگ چشم‌های درشتی دارند و فاقد سونار هستند یا سونارشان ضعیف توسعه یافته و به روشی متفاوت پیش رفته است - که نشان دهنده‌ی فرگشت هم‌گرا است. در ظاهر، خفاش‌های میوه‌خوار من را به یاد پتروسورها می‌اندازند، اگرچه که آن‌ها پستاندار هستند. آیا پتروسورها سونار داشتند؟ بعضی از آن‌ها چشمان درشتی داشتند که نشان می‌دهد درشب پرواز می‌کردند، اما احتمالا به بینایی تکیه می‌کردند. اتفاقا من هم به این فکر کرده‌ام که آیا ماهی‌خزنده‌سانان، خزندگان منقرض شده‌ی دلفین‌مانند، سونار

داشتند یا خیر. دلفین‌ها سونار بسیار پیچیده‌ای دارند که کاملا مستقل از خفاش‌ها فرگشت یافته است. اما ماهی‌خزنده‌سانان، بر خلاف دلفین‌ها، چشمان بسیار بزرگی داشتند، بنابراین احتمالا سونار نداشتند.



گیج‌های هواپیما

هواپیماها باید با هزینه-فایده کردن بین ثبات و مانورپذیری کنار بیایند. جان مِینارد اسمیت، فرگشت‌گرا و ژنتیک‌شناس بزرگ، در طول جنگ جهانی دوم یک طراح هواپیما بود؛ قبل از اینکه به دانشگاه برود و زیست‌شناس شود («با خود گفته که هواپیماها پر سروصدا و قدیمی هستند»). او اشاره کرد که این هزینه-فایده برای پروازکنندگان زنده مثل پرندگان مهم

است، همان‌طور که برای هواپیماهای ساخت بشر اهمیت دارد. هواپیماهای بسیار پایدار تقریبا خودشان می‌توانند پرواز کنند، یا حداقل یک خلبان نسبتا بی‌تجربه می‌تواند آن‌ها را کنترل کند. اما هزینه-فایده در مانورپذیری است. هواپیماهای پایدار، جنگنده‌های نظامی خوبی نیستند چون باید در هوا چابک و فرز بوده و در چرخش و گریز هم سریع باشند. هواپیماهای با قابلیت مانور بالا ناپایدار هستند - همان مبادله‌ای که گفتیم. آن‌ها فقط می‌توانند توسط خلبانان متخصص در واکنش سریع کنترل شوند. حتی خلبانان متخصص امروزه بدون کامپیوترهای هواپیماهای بسیار پیشرفته درمانده خواهند بود. ممکن است روزی برسد که خلبانان، هر چند متخصص، به‌طور کامل توسط سیستم‌های هدایت الکترونیکی جایگزین شده باشند.

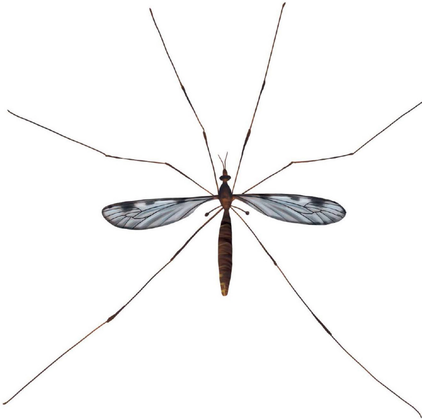
رایانه‌های داخلی و خلبانان متخصص به

ابزارهایی نیاز دارند که معادل اندام‌های حسی و کمک‌هایی برای اندام‌های حسی باشند. در قلمرو حیوانات، مگس‌ها، به‌ویژه مگس‌های گل‌زار، قابلیت مانور فوق‌العاده و ابزار دقیقی دارند. بر خلاف سایر حشرات، همه‌ی مگس‌ها (که از پشه‌ریزه‌ها و پشه‌ها گرفته تا درنامگس‌های بزرگ یا «بابا لنگ‌درازها» را شامل می‌شود) تنها یک جفت بال دارند (از این رو به نام لاتین «دوبالان Diptera» نامیده می‌شوند). جفت دوم بال، در طول زمان فرگشتی، کوچک شده و به «باله‌های ترازگر» چوب‌هایی با دستگیره‌ای در انتهاشان، در پشت بال‌های باقی‌مانده تبدیل شده‌اند. باله‌های ترازگر ابزارهای پرواز هستند. آن‌ها طوری صدا می‌دهند که انگار بال‌هایی مینیاتوری هستند اما شکل‌شان کاملا نامناسب است و برای پرواز بسیار کوچک‌اند. در عوض، به‌عنوان نوعی ژیروسکوپ برای کمک به فرمان و ثبات عمل

می‌کنند. اگر باله‌های ترازگر حشره برداشته شوند نمی‌تواند پرواز کند چون بسیار ناپایدار می‌شود. می‌توان به آن با چسباندن دمی ساخته شده از پرهای کوچک مانند همان‌هایی که صیادان قزل‌آلا برای بستن مگس استفاده می‌کنند، دوباره به پرنده‌ای پایدار تبدیلش کرد.

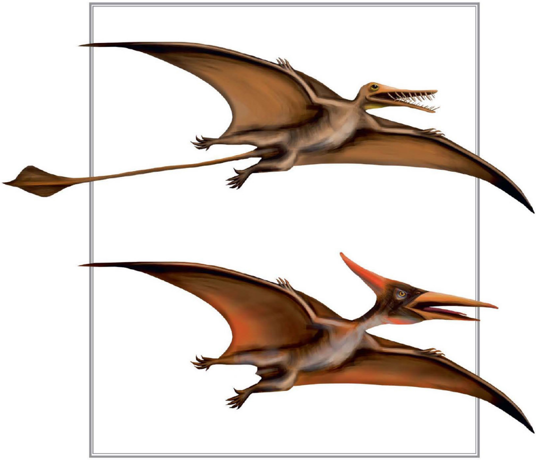
جان مینارد اسمیت اشاره کرد که پتروسورهای اولیه مانند پوزه‌منقاری دوره‌ی ژوراسیک دارای دمی بسیار بلند با نوعی پارو در انتهای آن بودند. او می‌توانست پرنده‌ای پایدار باشد اما در مانور ضعیف بود. او را با بی‌دندان‌پرنده‌ی اواخر دوره‌ی کرتاسه، یعنی ۱۰۰ میلیون سال بعدتر مقایسه کنید که تقریبا دم نداشت. به گفته مینارد اسمیت، مانورپذیر اما ناپایدار بود. احتمالا به «الکترونیک» - کنترل حساس سطوح پرواز توسط مغز - برای جبران فقدان دم تثبیت‌کننده متکی بود. شاید بی‌دندان‌پرنده

مانند خفاش‌های امروزی در غشای بال‌هایش ماهیچه‌هایی داشت؟ در غیر این صورت، احتمالا نیاز بیشتری به آن‌ها داشت زیرا پتروسورها، که تنها یک انگشت در بال داشتند، فاقد تنظیمات دقیق انگشتی بودند که برای خفاش‌ها (همان‌قدر بی‌دم) در دسترس است. آیا بی‌دندان‌پرنده مغز پیچیده‌تری نسبت به پوزه‌منقاری داشت تا بتواند با نداشتن کنترل «الکترونیکی» لازم کنار بیاید؟ چگونه از آن برجستگی بزرگ عقب جمجمه استفاده کرد تا فک‌های بیرون زده به جلو را متعادل کند؟ آیا کل سر، احتمالا، به‌عنوان یک سکان جلویی عمل می‌کرده تا به‌طور خودکار موجود را به جهت انتخابی هدایت کند؟



درنامگس (بابا لنگ‌دراز) و «ژیروسکوپ‌هایش»

اکثر حشرات پرنده دارای چهار بال هستند اما مگس‌ها تنها دو بال دارند (از این رو «دوبال Diptera» نامیده می‌شوند). جفت دوم بال فرگشت یافت و تبدیل به اندام‌های حسی به نام باله‌ی ترازگر شد، چوب‌هایی کوچک با دستگیره ای در انتهایشان، که مانند ژیروسکوپ‌های کوچک عمل می‌کنند.



دو پتروسور با فاصله‌ی زمانی ۱۰۰ میلیون سال

پوزه‌منقاری (بالا) دم بلندی داشت که می‌توانست آن را به پرنده‌ی پایدار اما غیرقابل مانوری تبدیل کند.
بی‌دندان‌بال (پایین)، یک پتروسور واپسین، تقریبا دمی نداشت و احتمالا پرنده‌ای ناپایدار و قابل مانور بود.

هیچ پرنده‌ی مدرنی مانند پوزه‌منقاری دم استخوانی بلندی ندارد. چیزی که ما معمولا دم پرنده می‌نامیم از پرهای بدون استخوان ساخته شده است درحالیکه دم واقعی دمچه‌ی ضخیم

و کوتاه مرغ سوخاری است. اما کهن‌بال، فسیل معروف دوره‌ی ژوراسیک که احتمالا اجداد همه‌ی پرندگان بوده، مانند بیشتر خزندگان از جمله پوزه‌منقاری، دم استخوانی بلندی داشت. احتمالا از نظر آیرودینامیکی پایدار و به تعریف مینارد اسمیت غیر قابل مانور بود.

یکی از دلایلی که پرندگان باید مانورپذیر باشند این است که آن‌ها اغلب در دسته‌های متراکم پرواز می‌کنند و مهم است که از برخورد با همراهان‌شان جلوگیری کنند. در مورد اینکه چرا آن‌ها دسته‌ای پرواز می‌کنند، دلایل مختلفی وجود دارد. شاید مهم‌ترین آن‌ها ایمنی در تعداد باشد. پرندگان شکاری معمولا تنها یک طعمه می‌گیرند و فاصله‌ی زیادی با یکدیگر دارند و قلمروهای شکار جداگانه‌ای را اشغال می‌کنند. هرچه دسته بزرگ‌تر باشد، احتمال شکار شدن توسط شاهین یا عقاب محلی کمتر می‌شود. اثر «ایمنی در تعداد» به‌ویژه

اگر بتوان خود را به‌جای کناره‌ی دسته در وسط دسته قرار داد، به خوبی کار می‌کند. این مزیت در مورد پرورش ماهی و گله‌داری پستانداران نیز صدق می‌کند. چنین دسته‌هایی می‌توانند بسیار بزرگ و حتی شامل صدها هزار پرنده باشند و مطمئنا خطر برخوردشان با یکدیگر زیاد خواهد بود.

دسته‌های زمستانی سارها با صدها هزار پرنده‌ی زمزمه کننده شاهکارهای دیدنی هماهنگی را به نمایش می‌گذارند. آن‌ها چرخ می‌زنند و بالا می‌روند، شیرجه می‌زنند و می‌چرخند، طوری هماهنگ که تقریبا انگار دسته‌ی غول‌پیکر یک ارگانیسم واحد است. این توهم با این واقعیت تقویت می‌شود که لبه‌های دسته کاملا مشخص است: به نظر می‌رسد که فاقد جدا افتادگانی است که نه در درون دسته و نه خارج از آن قرار دارند. پرندگان پس از رقص هوایی شگفت‌انگیزشان، کاملا

ناگهانی، مانند یک طوفان پر سر و صدا، به سمت محل اقامت شبانه خود می‌روند.

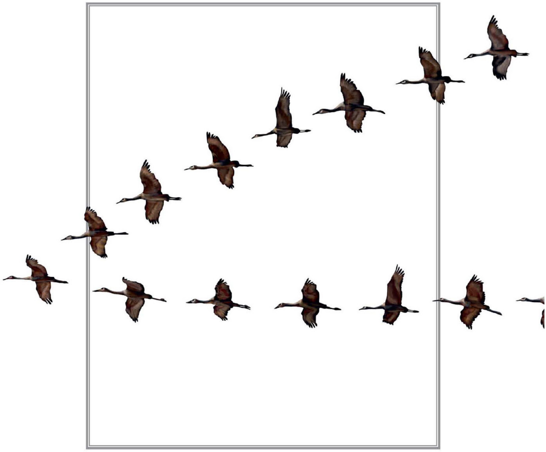
تماشاگر وسوسه می‌شود که به وجود یک رهبر - یک طراح رقص چیره دست - شک کند اما رهبری وجود ندارد. هر پرنده از یک سری قوانین ساده پیروی می‌کند: مراقب نزدیکترین همراهان اطرافت باش؛ در نتیجه هماهنگی ظاهر می‌شود. این با شبیه‌سازی کامپیوتری تقلید شده است و نمونه‌ایست جذاب از اینکه چگونه مدل‌سازی کامپیوتری می‌تواند درک ما از واقعیت را واضح‌تر کند. در شروع با مدل پیشگام «بویدز Boids» که توسط کریگ رینولدز طراحی شده، برنامه‌نویسان کامپیوتر اصل مهمی را اتخاذ کردند. ابتدا مدلی از یک پرنده را برنامه‌ریزی کردند و قوانین ساده‌ای را برای نحوه‌ی پاسخگویی به همسایگان در آن ایجاد کردند، به‌عنوان مثال، از آن‌ها در زوایای پرواز تبعیت کن. سپس صدها کپی از این

پرنده ایجاد کردند. سرانجام، مشاهده کردند که وقتی این صدها نسخه در رایانه منتشر شدند چه اتفاقی افتاد. کاری که این پرندگان مدل انجام می‌دادند به واقع‌بینانه‌ترین حالت کاری بود که یک «دسته» انجام می‌داد؛ دقیقا مثل پرندگان واقعی. درک این نکته مهم است که رینولدز و جانشینان او «یک دسته» را برنامه‌نویسی نکردند. آن‌ها یک پرنده را برنامه‌نویسی کردند و سپس دسته در نتیجه‌ی شبیه‌سازی بسیاری از نسخه‌های آن پرنده‌ی شبیه‌سازی شده پدیدار شد. اصل «نوپدیدی» به‌طور کلی در زیست‌شناسی بسیار مهم است. اندام‌ها و رفتارهای پیچیده زمانی پدیدار می‌شوند که هر یک از بسیاری از اجزای کوچک از قوانین ساده‌ای پیروی کنند. پیچیدگی از درون نیست بلکه پدیدار می‌شود. موضوعی عالی که شایسته‌ی نگارش یک کتاب است.



«تا بال‌های بی‌شمار»

پرواز دسته‌جمعی سارها یکی از عجایب جهان است.



درناها در آرایش V شکل

به غیر از درنای جلویی، همه از مزایای جریان پس‌رو برخوردار می‌شوند.

برگردیم به این که چرا ایجاد دسته برای پرندگان چیز خوبی است. اگرچه در اصل احتمالا برای گیج کردن شکارچیان است، اما مزیت ظریف دیگری هم وجود دارد که مختص آرایش V شکل پرندگان است. آن‌ها خود را طوری قرار می‌دهند که از جریان پس‌رو پرنده‌ی جلوتر

استفاده کنند و بهترین موقعیت برای استفاده از این جریان، حالت مورب پشت است - به همین دلیل غازهای در حال پرواز، لک‌لک‌ها و بسیاری از پرندگان دیگر آرایش V شکل به خود می‌گیرند. البته، پرنده‌ای که در جلوی V قرار دارد از این مزیت برخوردار نمی‌شود. در اکراس‌ها دیده شده که آن‌ها به نوبت قبل از رسیدن به نقطه‌ی گرم مقابل جابه‌جا می‌شوند. دوچرخه‌سواران مسابقه هم از همین ترفند استفاده می‌کنند. هواپیماهای نظامی هم برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت این کار را انجام می‌دهند. شرکت ایرباس در حال بررسی امکان آرایش پروازی هواپیماهای بزرگ برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت است.

با این حال یکی دیگر از مزایای ایجاد دسته، بهره بردن از کشف غذا توسط دیگران است. هرچقدر هم که بینایی شما خوب باشد، یک دسته چشمان بیشتری دارد و یکی از

آن‌ها ممکن است منبع غذایی خوبی را که ندیده‌اید، تشخیص دهد. شواهد تجربی مبنی بر اینکه چرخ‌ریسک‌های بزرگ غذا خوردن یکدیگر را نگاه می‌کنند و حتی در مکانی که دسته‌های دیگر غذا پیدا کرده‌اند، کپی‌کارانه به جستجوی غذا می‌پردازند وجود دارد.

راه حل بعدی برای مشکل بالاروی چیست؟ سبک‌تر از هوا بودن.

فصل ۹

سبک‌تر از هوا





بالن مونگلفیه

اثری هنری در آسمان

فصل ۹

سبک‌تر از هوا

هواپیماها، هلیکوپترها و گلایدرها، زنبورها و پروانه‌ها، پرستوها و عقاب‌ها، خفاش‌ها و پتروسورها به اصطلاح ماشین‌های پرنده‌ی سنگین‌تر از هوا هستند. بالن‌ها و کشتی‌های هوایی ماشین‌هایی سبک‌تر از هوا هستند. همان‌طور که از نام آن‌ها پیداست، آن‌ها بدون هیچ تلاشی شناور می‌شوند و توسط گازهایی مانند هیدروژن یا هلیوم که سبک‌تر از هوا یا هوای گرم سبک‌تر از هوای سرد اطراف هستند در هوا می‌مانند. به‌طور دقیق‌تر، آن‌ها توسط هوای سنگین‌تری که در اطراف‌شان می‌ریزد، یعنی توسط اصل ارشمیدس بالا می‌روند.

تا آنجا که من می‌دانم، ماشین‌های پرنده‌ی سبک‌تر از هوا فقط به‌عنوان محصولات اختراع بشر وجود دارند. من هیچ بالن واقعی حیوانی‌ای نمی‌شناسم.

در تاریخ فناوری بشر، وسایل پرنده سبک‌تر از هوا، از مدت‌ها قبل از آن‌هایی که سنگین‌تر از هوا هستند، ساخته شده‌اند. اولین پرواز انسانی در پاریس در سال ۱۷۸۳ انجام شد: بالن هوای گرمی که توسط برادران مون‌گلفیه ساخته شده بود. ژوزف-میشل مون‌گلفیه متوجه چیز عجیبی در خشک کردن لباس‌های شسته شده روی آتش شد. جیب‌های پر شده از هوای گرم لباس‌ها را به سمت سقف هل می‌دادند. این امر الهام‌بخش ژوزف شد تا با برادر تاجر خود ژاک-اِتیِن همکاری کند تا بالن‌های هوای گرم بسازند. آن‌ها مجموعه‌ای از بالن‌های خیلی بزرگ را ساختند و قبل از اینکه جان انسان‌ها را به خطر بیندازند با حیوانات

مسافر آزمایش‌شان کردند. اولین پرواز انسان توسط مارکی دآرلند از طبقه‌ی اشراف، همراه با پیلتر دو روزیه بود. طبق یک گزارش، دو روزیه دانشمند بود و هنگامی که بالن آتش گرفت او با کتش شعله‌های آتش را خاموش کرد.

تنها چند روز بعد، اولین پرواز انسانی با بالن هیدروژنی، آن هم از پاریس، انجام شد. این پرواز توسط پروفسور ژاک چارلز انجام شد که قانون چارلز بر انبساط گازها به نام او نامگذاری شده است. چارلز سوار ماشینی زیبا به شکل قایق شد که زیر بالنش آویزان بود. او چند کیلومتری حومه‌ی پاریس فرود آمد و دو دوک در حال تاخت و تاز با او روبرو شدند. چارلز که از اولین پرواز خود راضی بود، بلافاصله دوباره بلند شد و به دوک شارتر قول داد که بازگردد. او به قولش وفا کرد و خوشبختانه این بالن هیدروژنی آتش نگرفت، چون به معنی بدرود گفتن با بالن و هوانوردان بی‌باکش می‌بود.

این بهره‌برداری‌های اولیه از بالن‌ها پر خطر بود و چندین تن از هوانوردان اولیه واقعا جان خود را از دست دادند. خود دو روزیه به طرز غم‌انگیزی مرد که قابل پیش‌بینی بود. زمانی که با یک بالن ترکیبی با طراحی خودش حرکت کر.، یک بالن آتشی که زیر یک بالن هیدروژنی معلق بود. منظور من از «قابل پیش‌بینی» را متوجه شدید؟

بالن مون‌گلفیه در صعود قبلی دو روزیه چیز زیبایی بود، مناسب برای شخصیت‌های سلطنتی که در میان هزاران شاهد افسون شده بودند. بالن‌های هوای گرم مدرن در طیف گسترده‌ای از اشکال خنده‌دار و همچنین گلابی‌شکل ساخته می‌شوند. اولین بالن‌های مون‌گلیفه بسته بودند. به‌سختی می‌توان جزئیات را از روایت‌های متناقض معاصر به دست آورد، اما به‌نظر می‌رسد که هنگام پرواز آتش خود را روی زمین گذاشتند و احتمالا

با سرد شدن هوای بالن، دوباره با سرعت نسبتا سریعی فرود آمدند. بعدها بالن‌های مون‌گلفیه آتشدانی را در زیرشان حمل می‌کردند که هوانوردان آتشش را با کاه تغذیه می‌کردند. بالن‌های هوای داغ مدرن گاز یک سیلندر پروپان را می‌سوزانند که انفجارهای دقیق و کوتاهی از گرمای شدید را در اعماق بالن ایجاد می‌کند.

ممکن است فکر کنید ماشین سبک‌تر از هوا دارای خلاء است، مگر چه چیزی می‌تواند سبک‌تر از هوا باشد؟ متأسفانه، برای مقاومت در برابر له شدن توسط فشار هوای بیرون وسیله نیازمند پوسته‌ای بسیار قوی است که از چیزی مانند فولاد ساخته شده باشد که وزن آن باعث شکست هدف می‌شود. یک بالن یا کشتی هوایی باید دارای پوششی سبک باشد و با گاز سبک‌تر از مخلوط نیتروژن/اکسیژن که هوای سیاره‌مان است پر شود تا کار کند.

هیـدروژن سـبک‌ترین عنصـر اسـت و از آن یـا گاز زغـال سـنگ کـه سرشـار از هیـدروژن و همچنیـن گازهـای سـبک دیگـر ماننـد متـان اسـت در کشـتی‌های هوایـی اولیـه اسـتفاده می‌شـد. ایـده‌ای بـد! هیـدروژن شـدیدا – انفجـاری – قابـل اشـتعال اسـت. بـا توجـه بـه تخریـب غم‌انگیـز کشـتی هوایـی هیندنبـورگ در سـال ۱۹۳۷، طراحـان کشـتی هوایـی اکنـون دومیـن گاز سـبک یعنـی هلیـوم را ترجیـح می‌دهنـد.

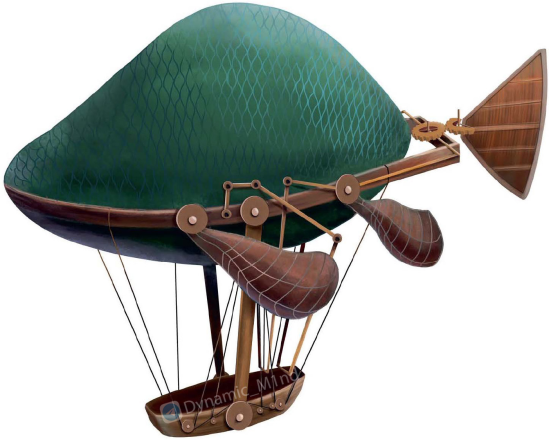
در مقادیـر مـورد نیـاز بـرای حمـل افـراد، هلیـوم گـران تمـام می‌شـود، امـا می‌توانیـد اسـتوانه‌های کوچکـی از آن‌هـا را بـرای پـر کـردن بادکنک‌هـای مهمانـی خریـداری کنیـد کـه غیـر قابـل اشـتعال و نسـبتا بی‌ضـرر هسـتند. بـرای سـرگرمی بیشـتر در مهمانـی هـم خـوب اسـت. بـه ایـن دلیـل کـه یکـی از تاثیـرات

اضافی سبک‌تر بودن هلیوم از هوا این است که صدا تقریبا سه برابر سریع‌تر از هوا از آن عبور می‌کند. یعنی اگر هلیوم را در ریه‌های خود تنفس کنید، صدایی شبیه مینی‌ماوس خواهید داشت. اما مراقب باشید که زیاده‌روی نکنید. هلیوم بیش از حد، یا استنشاق بیش از حد عمیق هلیوم، می‌تواند برایتان مضر باشد.

امروزه با توجه به هزینه‌ی هلیوم، بالن‌های هوای گرم بسیار رایج‌تر شده‌اند. هوای گرم، همان‌طور که در رابطه با ستون گرمایی دیدیم، سبک‌تر از هوای سرد است. گرم کردن هوا در بالن با یک مشعل دمنده‌ی پر سروصدا ارزان‌تر از پر کردن آن با هلیوم است، اگرچه نسبتا پر سروصدا است و بخشی از جذابیت شناور بودن در حومه‌ی شهر را از بین می‌برد.

از سه سفر با بالنی که لذت بردم، یکی با یک گروه تلویزیونی بود. قرار بود در مورد جذابیت سرود شبانه در کلیساهای روستایی انگلیسی که از کنار برج‌ها و مناره‌های آن‌ها عبور می‌کردیم، سخن بگوییم. جای تعجب نیست که خدمه مجبور شدند فیلمبرداری خود را در آرامش بین انفجارهای پر سروصدای مشعل پروپان انجام دهند.

به نظر می‌رسد دنیای بالن‌سواران حرفه‌ای دنیای کوچکی است. سومین و به یاد ماندنی‌ترین سفر من در برمه بود و بر حسب تصادف، خلبان من همان کسی بود که من و گروه فیلمبرداری را بر فراز کلیساهای محلی روستاهای آرام انگلیسی هدایت کرده بود. در برمه، ما بر روی منظره‌ای واقعا تماشایی پر از هزاران معبد بودایی و بت‌کده‌های پوشیده در مه صبحگاهی بر فراز پاگوداها حرکت کردیم. منظره‌ای که قبل از مرگ باید دید.



طرح بالن ماهی هدایت‌پذیر

حد وسط فرگشتی بین بالن و کشتی هوایی؟

بالن‌ها، بر خلاف کشتی‌های هوایی، هدایت‌پذیری سختی دارند. کشتی‌های هوایی بالن‌های بزرگی هستند که کابینی در زیر آن‌ها آویزان است و ملخ‌هایی برای حرکت افقی دارند. شما هم می‌توانید آن‌ها را هدایت کنید. در طرح‌های اولیه بالن از دستگاه‌های فرمان مدل‌سازی شده از قایق‌ها، از جمله بادبان،

سکان و پارو استفاده می‌شد. فکر می‌کنم آن‌ها اولین کشتی‌های هوایی بودند، اما با نگاه کردن به آن‌ها به هدایت‌پذیر بودن‌شان شک می‌کنم.

در یک بالن ساده، تنها چیزی که می‌توانید کنترل کنید ارتفاع است. می‌توانید سطحی را پیدا کنید که در آن باد در جهت دلخواه شما می‌وزد، که روشی ریسکی برای هدایت است. برای افزایش ارتفاع در یک بالن هیدروژنی یا هلیومی، مقداری از وزنه‌ی تعادل (مانند شن) را که هوشمندانه با خود به سبد برده‌اید، بیرون می‌اندازید. در یک بالن هوای گرم، مشعل پروپان را برای انفجار سریع روشن می‌کنید. برای کم کردن ارتفاع، یک طناب می‌کشید تا دریچه‌ای را در بالای بالن باز کنید که مقداری از هوای داغ - یا بسته به نوع بالن، گاز را آزاد می‌کند. حساسیت بالن به تغییرات جزئی وزن تعجب‌آور است. هنگام استفاده از وزنه‌ی تعادل،

برای دستیابی به ارتفاع باید مقدار کمی را به بیرون بیندازید. به این دلیل که بالن یک هواایست است و با هوایی که آن را احاطه کرده است در تعادل است. این به چه معناست؟

چگالی جو با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد، بنابراین ارتفاعی بحرانی وجود دارد که در آن یک بالن در تعادل کامل است. اگر بالن کمتر از ارتفاع تعادل خود باشد، بالا می‌رود. اگر بالاتر از ارتفاع تعادل برود، ارتفاعش کم خواهد شد. بیرون انداختن ماسه (یا روشن کردن مشعل دمنده) با تغییر ارتفاع «ترجیح» بالن - یعنی تعادل - اثر مطلوب دارد. در نمونه‌ای دیگر، بالن‌ها گاهی از یک وسیله‌ی ساده اما هوشمندانه برای تنظیم خودکار ارتفاع خود استفاده می‌کنند که فقط زمانی کار می‌کند که بالن نزدیک به زمین باشد. یک طناب بلند، «طناب کمکی» را از سبد بیرون بیاورید. وزن طناب، هر چند ناچیز است ولی قابل

توجه است. هنگامی که بالن پایین است، بیشتر طناب روی زمین است، بنابراین وزن آن بخشی از وزن خالص وسیله نیست. اگر بالن بالا بیاید، قسمت بیشتری از طناب از زمین جدا شده و وزن آن بالن را کمی به سمت پایین می‌کشد. به این ترتیب طناب کمکی به‌طور خودکار ارتفاع بالن را تنظیم می‌کند. به‌نظرم این شگفت‌انگیز است - شاید فکر کنید یک طناب برای ایجاد تفاوت بسیار سبک است - اما این فقط نشان می‌دهد که یک دستگاه سبک‌تر از هوا، یک هوا‌ایست چقدر حساس است. اندکی قبل از اینکه کشتی هوایی غول‌پیکر هیندنبورگ در آن روز وحشتناک در نیوجرسی در سال ۱۹۳۷ منفجر شود، ارتفاعش پایین‌تر از آنچه بود که باید می‌بود. فیلم نشان می‌دهد که خدمه دیوانه‌وار سعی می‌کنند با بیرون انداختن آب‌هایی که وزن تعادل بودند به ارتفاع بالاتری برسند، و به‌نظر می‌رسد که

در مقایسه با اندازه خود هواپیما، آب زیادی نباشد. در اولین عبور بالن از کانال انگلیسی توسط ژان پیر بلانچارد در سال ۱۷۸۵، او و همراه آمریکایی‌اش مجبور شدند به همان دلیل همه چیز را از ماشین قایق‌شکل زیبای خود، از جمله حتی لباس‌هایشان را بیرون بریزند.



لخت شدن از ترس جان

عبور بلانچارد از کانال در سال ۱۷۸۵ یک پیروزی بود. اما با کم شدن خطرناک ارتفاع، او و همراهش مجبور شدند همه چیز را از اتاقک بالن بیرون بیندازند، حتی لباس‌ها و پاروی فرمانشان را.

من قبلا به رئیس قدیمی‌ام پرینگل جدی «جان خندان» و تحقیقات او در مورد موتور پرواز نوسانی حشرات اشاره کردم. اتفاقا او یک خلبان گلایدر قهرمان بود، بنابراین چیزهایی در مورد ماندن در ارتفاع می‌دانست. همین‌طور سر آلیستر هاردی، سلَف درخشان او به‌عنوان استاد جانورشناسی کالج لینِکر آکسفورد، که در

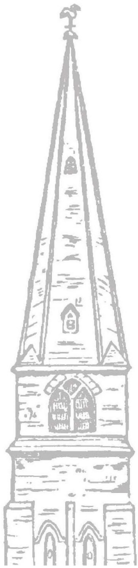
دهــه‌ی ۱۹۲۰ از علاقه‌منــدان بــه بالــن بــود. هــاردی یـک کتـاب کوچـک و خوانـدنـی نوشـت بـه نـام «آخر هفتــه بــا بیدهــا» کــه در آن ســفری پــر حادثــه و در واقـع خطرنـاک بـا بالـن توسـط چهـار جـوان از لنـدن بــه آکســفورد را توصیــف می‌کنــد، کــه خلبــان آن – بــه شــیوه‌ای تــا حــدودی بــی پــروا – توســط کاپیتــان ارنســت ویلــوز، طــراح هواپیمــا و هوانــورد مشــهور بــود کــه بعدهــا در تصــادف غم‌انگیــز بــا بالــن درگذشــت. بالــن آن‌هــا بــا گاز زغــال ســنگ بلنــد شــد و هــاردی تــلاش اولیه‌شــان بــرای یافتــن یــک کارخانــه گاز در لنــدن کــه مایــل بــه تامیــن گاز لازم برای‌شــان باشــد را توصیــف می‌کنــد. پــرواز از لنــدن بــه آکســفورد در شــعر حماســی ۴۲۶ بیتــی دوســت هــاردی، نیــل مکینتــاش جاودانــه شــد. مــن فقــط هفــت دوبیتــی از آن را نقــل می‌کنــم تــا شــوخ طبعـی او و روح ماجراجویانـه‌ی سفر را منتقـل کنم – بـه نظـرم چیـزی شـبیه بـه همـان روحیـه‌ی «سـه مــرد در یــک قایــق»، داســتان کامیــک ویکتوریایــی

از سـفر بـا قایـق از ابتـدای رودخانـه‌ی تیمـز بـه آکسـفورد توسـط گروهـی از مـردان جـوان و سـگی به نـام مونـت مورنسـی اسـت.

در جایی بین لندن و آکسفورد که هاردی و دوستانش نمی‌دانستند کجاست - آن مکان از مه بیرون آمد...

تله‌ای نادیدنی و مرگبار
که شاید باعث اتفاقی بزرگ شود
«قبر» واژه‌ای مناسب است
زیرا درست قبل از اینکه خیلی دیر شود
بیرون آمدن از تاریکی را دیدیم ما
محصور در قبر و طاق و مقبره‌ها
کلیسایی روی تپه‌ای بلند
گویی آسمان را لمس می‌کردند مناره‌ها
عرق ترس بر پیشانی‌مان لغزید
نکند درگیریم بر بلندای تیزشان
به‌جای اجسادی خردشده و غمگین
قبرها شن‌ها را کشیدند به آغوش‌شان

کیسه‌هایی که به‌سرعت به بیرون افکندیم
داستانم شنیده نمی‌شد اگر نمی‌شد اینچنین



مناره کلیسا

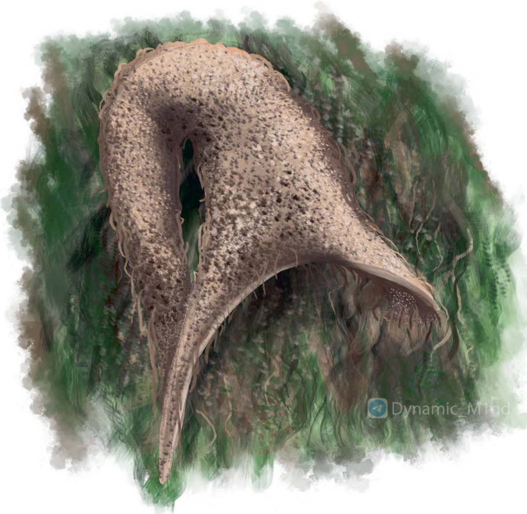
همان‌طور که دیدیم مشکل بالن‌ها این است که نمی‌توان آن‌ها را هدایت کرد. هرگز نمی‌توان فهمید که کجا قرار است فرود آیند، بنابراین - همان‌طور که از تجربه‌ی شخصی در هنگام بالن‌سواری در حومه‌ی شهر آکسفورد می‌دانم - باید یک خدمه‌ی بازیابی در یک وسیله‌ی نقلیه شما را تعقیب کنند. بازگشت

من به زمین در آن سفر آکسفورد شایر با وزش باد غیرمنتظره در آخرین لحظات همراه بود که ما را به طرفین برد و بعد از برخورد با یک پرچین و در دو زمین کشاورزی کشانده شدن سرانجام از سبد خارج شدیم. من ناخواسته بر روی زن جوان جذاب گروه فرود آمدم. یک استاد ژاپنی هم با ما در سبد بود که تسلط محدودی به زبان انگلیسی داشت. کشاورز صاحب مزرعه، در حالیکه داشتیم لباس‌هایمان را تمیز می‌کردیم، با عجله آمد. با هیجان پرسید: «از کجا آمده‌ای؟» این سؤالی بود که استاد قبلا با آن برخورد کرده بود و پاسخش را می‌دانست. او بدون تردید پاسخ داد: «هو»، «از ژاپن!» در دوره‌ی خون‌سردتر آلیستر هاردی، آن‌ها مانند ما خدمه‌ی پشتیبان درون ماشین و تریلر نداشتند. بالن‌ها یک خط راه‌آهن مناسب را دنبال می‌کردند و در کنار آن فرود می‌آمدند. پس از گذاشتن بالن در کیسه برزنتی آن، قطار

بعدی را با علامت دادن پرچم نگه می‌داشتند و قطاری که اجبارا توقف کرده بود آن‌ها را می‌برد.

همان‌طور که در ابتدای این فصل گفتم، به نظر می‌رسد که هیچ حیوان غیرانسانی چیزی معادل بالن سبک‌تر از هوا را فرگشت نداده است. عنکبوت‌ها و کرم‌های پیله‌ساز کاری به نام «بالن‌سواری» انجام می‌دهند. به این کار «بادبادک‌سواری» هم گفته می‌شود که نام بهتری است زیرا به سبک‌تر از هوا بودن ارتباطی ندارد. عنکبوت رشته‌هایی از ابریشم را آزاد می‌کند که به‌عنوان نوعی بادبادک عمل می‌کند و باد عنکبوت کوچک را به هوا می‌برد. برخی از عنکبوت‌ها صدها کیلومتر را در پلانکتون‌های هوایی طی می‌کنند، که در فصل ۱۱ با آن‌ها آشنا خواهیم شد. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد عنکبوت‌های بالن‌سوار هنگام بلند شدن، از میدان الکترواستاتیک زمین کمی بالاروی کسب می‌کنند. برای مشاهده‌ی

الکتریسیته‌ی ساکن، یک تکه پلاستیک روی موهای خود بمالید. سپس متوجه خواهید شد که پلاستیک اجسام کوچکی مثل تکه‌های کوچک کاغذ را جذب می‌کنند. الکتریسیته‌ی ساکن مغناطیس نیست، اگرچه کمی شبیه به آن است بلکه نیروی الکتریکی ساکنی است که بعضی از بچه عنکبوت‌ها برای پرتاب خود به هوا از آن استفاده می‌کنند.



ابریشم بافته شده

این تله که توسط لارو بال‌مودار از ابریشم ساخته شده بالن نیست. اما نشان می دهد که حیوانات می‌توانند یکی از اجزای لازم برای ساخت بالن را بسازند.

اما بالن‌سواری واقعی چطور؟ آیا واقعا هیچ حیوانی با سبک‌تر بودن از هوا شناور می‌شود؟ یک بالن به‌طور طبیعی فرگشت یافته کاملا دور از ذهن به نظر نمی‌رسد. مواد

تشـکیل دهنـده‌ی آن در سراسـر قلمـرو حیوانـات ناشـناخته نیسـتند. برخـی از بالن‌هـای دست‌ساز انسـان از ابریشـم سـاخته شـده‌اند، کـه هـم سـبک و هـم قـوی هسـتند. البتـه ابریشـم توسـط عنکبوت‌هـا و مسـتقلا توسـط حشـرات هـم اختـراع شـد، بـه ویـژه کرم‌هـای پیله‌سـاز کـه مـا آن‌هـا را کـرم ابریشـم می‌نامیـم. برخـی از لاروهـای بال‌مـودار تله‌هـای ابریشـم درسـت می‌کننـد، سخت‌پوسـتان کوچـک را صیـد می‌کننـد و برخـلاف تـار عنکبـوت معمولـی، بافتـی دارنـد کـه بـرای سـاخت یـک بالـن بـه انـدازه‌ی کافـی خـوب به‌نظـر می‌رسـد. پـس ابریشـم‌بافی یـک فنـاوری در دسـترس اسـت. امـا از چـه گازی می‌تواننـد بـرای پـر کـردن بالـن اسـتفاده کننـد؟ تصـور چگونگـی توانایـی فرگشـت هلیـوم توسـط حیوانـات دشـوار اسـت. بعضـی از باکتری‌هـا می‌تواننـد هیـدروژن بسـازند امـا صحبـت از بهره‌بـرداری تجـاری از آن‌هـا بـرای تولیـد سـوخت اسـت. حیوانـات از تخصـص

باکتری‌ها در حوزه‌های دیگری مثل تولید نور استفاده می‌کنند. متان، گاز سبک دیگری است که به آسانی در حیوانات تولید می‌شود. متان منتشر شده توسط گاوها که در واقع توسط باکتری‌ها (و سایر میکروارگانیسم‌ها) در معده آن‌ها ساخته می‌شود، منبع نگران کننده‌ای از گازهای گلخانه‌ای درون جو است. متان با پوسیدگی پوشش گیاهی هم تولید می‌شود که به‌عنوان «گاز مرداب» شناخته می‌شود، گاهی اوقات به‌عنوان «آتش مرداب» هم آتش می‌گیرد. در مورد هوای گرم، چشمگیرترین نمونه‌ای که من از تولید گرما توسط حیوانات می‌شناسم، سلاحی است که توسط برخی زنبورهای ژاپنی علیه زنبورهای سرخ غارتگری که به لانه‌شان حمله می‌کنند، استفاده می‌شود. آن‌ها یک زنبور سرخ را درون توپ کوچکی از زنبورها محاصره می‌کنند و با لرزش شکم خود دما را تا ۴۷ درجه‌ی سانتی‌گراد بالا

می‌برند که به معنای واقعی کلمه زنبور سرخ را تا حد مرگ می‌پزد. اگر زنبورهای بیشتری را هم تا سرحد مرگ بپزند، مهم نیست: تعداد زیادی زنبور دیگر وجود دارند که جای آن‌ها را می‌گیرند. با این حال، اگرچه برخی از اجزای فناوری بالن – گرما، هیدروژن، متان و پارچه‌ی ابریشمی محکم بافته شده – به نظر می‌رسد از طریق فرگشت طبیعی در دسترس هستند، نمونه‌ای را نمی‌شناسم که در آن این اجزا برای بالا روی سبک‌تر از هوا، گرد هم آمده باشند. چه کسی می‌داند، شاید هنوز در انتظار کشف شدن است؟

آب بسیار چگال‌تر از هوا است، بنابراین معادل آبیِ پرواز سبک‌تر از هوا آسان و معمول است. ما هر بار که شنا می‌کنیم این کار را انجام می‌دهیم. کُنراد لورِنز روایت خود از

غواصی را با یادآوری رویاهای دوران کودکی‌اش درباره‌ی پرواز آغاز می‌کند. به هر حال ما بیشتر از آب ساخته شده‌ایم و هوای ریه‌ها ما را سبک‌تر می‌کند. کوسه‌ها کمی سنگین‌تر از آب هستند و مانند پرندگانی که در هوا تکان می‌خورند، باید به شنا کردن ادامه دهند تا به آرامی پایین نروند. اما پیوسته‌استخوانان (ماهی‌های استخوانی برعکس ماهی‌های غضروفی مانند کوسه) شایسته‌ی نام‌بری افتخاری در این فصل هستند، زیرا آن‌ها «آب‌ایست»های خوبی هستند که می‌توانند به طرز ماهرانه‌ای چگالی خود را تغییر دهند. از این نظر آن‌ها مثل هواایست‌های هدایت‌پذیر یعنی کشتی‌های هوایی هستند. همان‌طور که قبلا

دیدیم، یک هواایست خود را به ارتفاعی می‌رساند که بالاروی ارائه شده توسط گاز کم تراکم دقیقا وزن هواپیما از جمله مسافران را متعادل می‌کند. سپس در حالت تعادل شناور می‌شود. ماهی با کنترل دقیق بادکنک شناوری خود همین کار را انجام می‌دهد. بادکنک شناوری کیسه‌ای از گاز در بدن ماهی است. ماهی با تغییر مقدار گاز درون بادکنک، می‌تواند چگالی خود را تغییر دهد و بالا یا پایین برود تا در حالت تعادل قرار گیرد. به همین دلیل به‌نظر می‌رسد که ماهی‌های استخوانی بدون زحمت حرکت می‌کنند. این یکی از دلایلی است که آکواریوم‌ها چنین عینک‌های آرامش‌بخشی برای بودن در اتاق

هستند. بادکنک شناوری به ماهی این امکان را می‌دهد تا انرژی خود را فقط صرف حرکت افقی کند. پیوسته‌استخوانان برخلاف پرندگان در حال پرواز و کوسه‌ها، برای بالا روی نیازی به صرف انرژی ندارند. پرندگان اگر بادکنک شناوری هوایی پر از متان داشته باشند می‌توانند همین کار را در هوا انجام دهند. اما چنین چیزی ندارند.

ماهی‌ها تنها جانورانی نیستند که چیزی مثل بادکنک شناوری برای تنظیم چگالی‌شان فرگشت داده‌اند. سپیداج‌ها - خویشاوندان ماهی مرکب و اختاپوس - تعادل آب‌ایستی‌شان را با بیرون کشیدن یا تزریق مایع به «استخوان»

منفذدارشان حفظ می‌کنند - همان استخوانی که معمولا به پرندگان در قفس برای تکمیل کلسیم آن‌ها داده می شود.

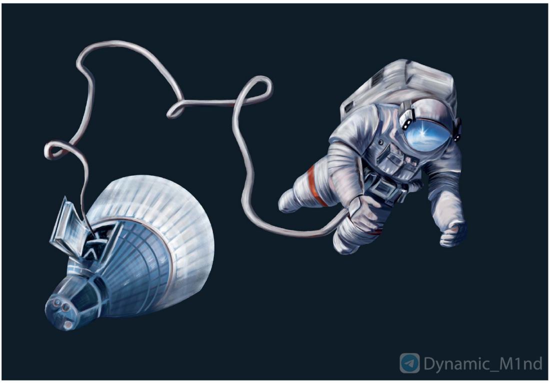
کشتی‌های سبک‌تر از هوا به‌عنوان وسیله‌ای برای پرواز مفید محدودیت‌های زیادی دارند. به همین دلیل است که امروزه کشتی‌های هوایی هدایت‌پذیر در آسمان نادر هستند. آن‌ها برای سرگرمی یا شیرین‌کاری‌های تبلیغاتی استفاده می‌شوند تا حمل‌ونقل تجاری. حتی هیدروژن، سبک‌ترین گاز، به اندازه‌ی کافی سبک‌تر از هوا نیست تا بار سنگینی را بلند کند، مگر اینکه از حجم عظیمی از گاز استفاده شود. پوشش لزوما بزرگ محفظه‌ی گاز باید خود سبک باشد، که به معنی سست و آسیب‌پذیر بودنش خواهد بود و اغلب عمدتا از پارچه‌ی نرم با حداقل پشتیبانی توسط اسکلتی سفت یا نیمه‌سفت

تشکیل شده است. شکل پایدار محفظه‌ی گاز تحت فشار، کره است. به همین دلیل اکثر بالن‌ها، از مون‌گلفیه به بعد، کروی یا تقریبا کروی هستند. اما کره شکل مناسبی برای سفر سریع در هوا نیست، بنابراین هدایت‌پذیرهای پیشرفته‌ای که توسط موتورها حرکت می‌کنند، مانند سپلین‌های معروف که به شکل ساده‌ی سیگار شبیه هستند. اما هرچه هدایت‌پذیری از شکل کروی پایدار دورتر شود، کیسه‌ی گازش برای حفظ شکل خود به حمایت اسکلتی سفت و محکمی نیاز پیدا می‌کند. این وزن اضافی را بیشتر می‌کند، که نیاز به حجم بیشتری از گاز را صرفا برای بلند کردن کشتی هوایی افزایش می‌دهد، چه برسد به محموله یا مسافر. هرچه حجم محفظه‌ی گاز بیشتر باشد، در هنگام تلاش برای حرکت به سمت جلو در هوا نیروی پسار بیشتر می‌شود. اگر سرعت آن چیزی است که می‌خواهید، هدایت‌پذیرها

نمی‌توانند با هواپیماهای سنگین‌تر از هوا رقابت کنند که بالاروی خود را از حرکت افقی به دست می‌آورند. از طرف دیگر، به دلیل اینکه برای بالاروی سوخت مصرف نمی‌کنند، پروازشان ارزان‌تر تمام می‌شود. بنابراین اگر به سرعت اهمیتی نمی‌دهید شاید به این دلیل که محموله‌ای را بدون زمان تحویل مهمی حمل می‌کنید، ممکن است وسوسه شوید که از هدایت‌پذیرها استفاده کنید. اما از آنجایی که حداکثر سرعت یک هدایت‌پذیر بسیار آهسته است - رکورد جهانی فقط به ۱۲۰ کیلومتر در ساعت می‌رسد - نمی‌تواند با آن نوع بادهای مخالفی که یک هواپیمای جت بزرگ با آن‌ها روبرو می‌شود را تحمل کند. هدایت‌پذیرها احتمالا می‌توانند سریعتر حرکت کنند، اما به موتورهای بزرگی مانند یک جامبو جت نیاز دارند که برای بالاروی با استفاده از اصل هواایستا بسیار سنگین هستند.

فصل ۱۰

بی‌وزنی





سقوط در گرداگرد زمین

فضانورد احساس می‌کند که در حال پرواز است اما واقعا در سقوط آزاد است.

فصل ۱۰

بی‌وزنی

در این فصل به روش نهایی مبارزه با جاذبه، یعنی بی‌وزنی می‌پردازیم. در ظاهر، بی‌وزنی چیزی است که فقط توسط انسان‌ها مورد استفاده قرار گرفته است - انسان‌های دارای تکنولوژی پیشرفته. اگر شما یک فضانورد در ایستگاه فضایی بین‌المللی (ISS) بودید، از توهم فوق‌العاده‌ی پرواز لذت می‌بردید. این افراد خوش‌شانس اما بسیار کم، بیشتر از هر کسی به تحقق رویای لئوناردو نزدیک می‌شوند. در ایستگاه فضایی هیچ حسی از «بالا» یا «پایین» ندارید. هیچ سطحی از فضای زندگی کف یا سقف نیست. مانند یک روح

شناور می‌شوید و وقتی شام می‌خورید (شاید از یک لوله‌ی خمیر دندان، از آنجایی که غذا درون بشقاب شناور می‌شود) در کنار فرد دیگری که ممکن است هر کدام به نظر دیگری وارونه به نظر برسد. برای عبور از یک اتاق ایستگاه فضایی به اتاق دیگر، پرواز می‌کنید و خود را با گیره‌هایی در هوا می‌کشید. اگر از جایی که موقتا به‌عنوان زمین در نظر می‌گیرید هر چقدر هم که آرام بپرید، تا «سقف» پرواز خواهید کرد و سرتان با آن برخورد خواهد کرد. اگر فضانوردان برای انجام تعمیر و نگهداری نیاز به بیرون رفتن داشته باشند باز هم آزادانه شناور می‌شوند و از ترس جدا شدن از فضاپیما باید به آن متصل باشند. آن‌ها بدون زحمت مانند یک بادکنک، یا مانند ماهی که کنترل کاملی بر بادکنک شناوری خود دارد، حرکت می‌کنند. با این حال، برخلاف ماهی، دلیل شناور بودن آن‌ها این نیست که چگالی آن‌ها با

محیط اطـراف یکسـان اسـت. محیـط اطـراف آن‌ها در داخـل ایسـتگاه فضایـی هـوا اسـت، در خـارج از آن تقریبـا خـلاء اسـت و آن‌هـا بسـیار متراکم‌تـر از ایـن دو هسـتند. پـس چـرا شـناور می‌شـوند؟

در اینجـا بایـد بـه خطـای رایجـی بپردازیـم. بسـیاری از مـردم تصـور می‌کننـد کـه فضانـوردان بـه دلیـل دور بـودن از زمیـن و دور از دسـترس بـودن جاذبـه‌ی آن بـی‌وزن هسـتند. اشـتباه، اشـتباه، اشـتباه! ایسـتگاه فضایـی آنقدرهـا هـم از زمیـن دور نیسـت - نزدیک‌تـر از فاصلـه بیـن تهـران تـا اصفهـان - و گرانـش زمیـن تقریبـا آن را طـوری شـدید می‌کشـد کـه انـگار در سـطح دریـا اسـت. فضانـوردان بـه ایـن معنـا بـی‌وزن هسـتند کـه اگـر روی تـرازو بنشـینند، وزن آن‌هـا صفـر نشـان داده می‌شـود. هـم فضانـوردان و هـم ترازوهـا آزادانـه در اطـراف کابیـن شـناور هسـتند و در نتیجـه بـدن هیـچ فشـاری بـه تـرازو وارد نمی‌کنـد. بنابرایـن وزن آن‌هـا صفـر اسـت.

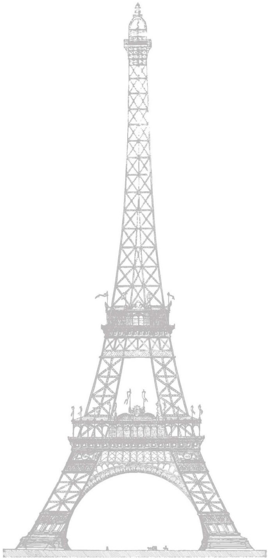
فضانوردان و ترازو، ایستگاه فضایی و هر چیزی که در آن است به این دلیل شناور هستند که در حال سقوط آزاد هستند. آن‌ها همواره در حال سقوط هستند. گرانش هنوز روی آن‌ها اثر می‌گذارد و آن‌ها را به سمت مرکز زمین می‌کشد اما در عین حال آن‌ها با سرعت زیاد در اطراف سیاره می‌چرخند؛ به‌طوری که حتی در هنگام سقوط از زمین فرار می‌کنند. این یعنی در مدار بودن. ایستگاه فضایی به دلیلی کاملا متفاوت با بالن در حالت تعادل آیرودینامیکی، در مدار شناور است. بالن را فشار هوایی که آن را احاطه کرده است پشتیبانی می‌کند. به همین دلیل است که بالن‌ها سقوط نمی‌کنند. فضانوردان در مدار سقوط می‌کنند و در حال سقوط می‌مانند. ماه هم بیش از ۴ میلیارد سال است که در مداری همیشگی در حال سقوط به دور زمین است.

آیا بالن‌سواران بی‌وزن هستند؟ البته که نه.

پاهـای آن‌هـا محکـم روی کـف سـبد قـرار گرفتـه اسـت و برعکـس بـودن در مـدار، تمایلـی بـه جـدا شـدن از سـبد ندارنـد. اگـر بالن‌سـواران روی یـک تـرازو در سـبد بایسـتند، وزن کامـل آن‌هـا را نشـان می‌دهـد. پـس بی‌وزنـی واقعـی روش نهایـی مـا بـرای مبـارزه بـا جاذبـه اسـت. فقـط تکنولـوژی پیشـرفته بشـری بـه بی‌وزنـی دسـت یافتـه اسـت. امـا یـک لحظـه صبـر کـن! آیـا ایـن جملـه درسـت اسـت؟ اینگونـه دربـاره‌اش فکـر کـن.

یـوری گاگاریـن اولیـن فضانـوردی بـود کـه در سـال ۱۹۶۱ در مـدار قـرار گرفـت. ایـالات متحـده در تـلاش بـرای جبـران، آلـن شـپرد را در سـال ۱۹۶۱ بـه فضـا فرسـتاد. او بـه مـدار نرفـت، امـا بـه ارتفـاع بسـیار بلنـد بیـش از ۱۶۰ کیلومتـری رفـت و بعـد در اقیانـوس اطلـس فـرود آمـد. در مرحلـه‌ی شـتاب پـرواز، شـپرد اصـلا بـی‌وزن نبـود و اگـر روی تـرازو می‌رفـت، تـرازو ۶.۳ برابـر وزن طبیعـی‌اش را نشـان مـی‌داد. او واقعـا ۶.۳ برابـر سـنگین‌تر بـود. بـا

این حال پس از خاموش شدن پیش‌رانه‌های موشک، یعنی در بیشتر مسیر رو به بالا و همچنین در طول زمان فرود تا باز شدن چترهایش، او و کپسولش در حال سقوط آزاد بودند. اگر او یک ترازو با خود می‌برد، در بخش عمده‌ای از پرواز دیدنی‌اش وزن او را صفر نشان می‌داد.



برج ایفل

به این سوال بازگردیم که آیا به‌جز انسان حیوان دیگری هم به بی‌وزنی دست یافته است. پاسخ اول ما منفی بود، زیرا هیچ حیوانی پیش‌ران موشکی که قادر به دستیابی به سرعت مداری باشد را نساخته است. دیدیم که آلن شپرد، برخلاف یوری گاگارین، نتوانست به سرعت مداری دست یابد. با این وجود، هر

دو مرد به بی‌وزنی دست یافتند. اینجاست که به آن جهنده‌ی معروف یعنی کک می‌رسیم. یک کک چقدر با آلن شپرد تفاوت دارد؟ او پیش‌ران موشک ندارد و باید از عضلاتش استفاده کند.

یک مسئله جانبی جالب این است که ماهیچه‌ها نمی‌توانند به اندازه‌ی کافی سریع حرکت کنند تا شتاب انفجاری ناگهانی مورد نیاز برای جهش کک را فراهم کنند. انرژی ماهیچه‌های (الزاما کند) کک در یک فنر کششی ذخیره می‌شود. این همان اصل منجنیق یا کمان بلند یا کمان پولادی است. یک منجنیق می‌تواند سنگ را با سرعتی بسیار بالاتر از سرعتی که صرفا توسط عضلات بازو برای عقب کشیدن لاستیک به دست می‌آید به حرکت

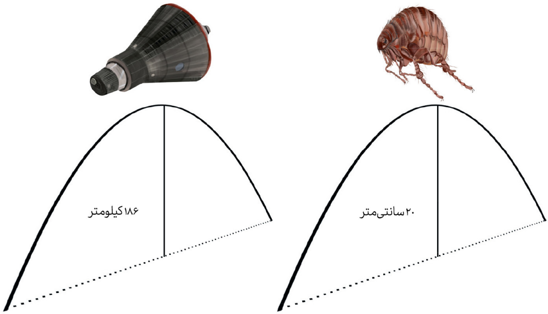
درآورد. کشش لاستیک انرژی عضلانی را ذخیره می‌کند. کک‌ها مانند سایر حشرات جهنده مثل ملخ مجهز به ماده ارتجاعی شگفت‌انگیزی به نام «رسیلین» هستند. رسیلین معادل لاستیک در منجنیق است اما بهتر از لاستیک است: ابَرمنعطف است. ماهیچه‌های کک رسیلین را خیلی آهسته «باد» می‌کنند. سپس انرژی ذخیره شده در فنر به‌طور ناگهانی در هر دو پا به‌طور همزمان آزاد می‌شود و کک به‌سمت بالا پرتاب می‌شود.

طبق نظریه ریاضی، ارتفاع مطلقی که یک حیوان می‌تواند تا آن بپرد به اندازه‌اش ارتباطی ندارد. البته در عمل، تنوع بسیار زیادی وجود دارد زیرا برخی از حیوانات مانند کک و کانگورو (و دوندگان پرش ارتفاع المپیک) در پریدن

تخصص دارند درحالیکه برخی دیگر مانند اسب آبی و فیل (و من) این کار را نمی‌کنند. یک کک می‌تواند حدود ۲۰ سانتی‌متر بپرد که تفاوت چندانی با پرش ایستاده یک فرد ندارد. با این حال، نسبت به اندازه‌ی بدن کک، پرش آن تقریبا معادل پرش فردی از روی برج ایفل است. نمونه‌ی دیگری از جهش‌های برتر، عنکبوت‌های جهنده‌ی کوچک و جذابی هستند که با پمپ کردن انفجاری مایعات به پاهای توخالی خود می‌پرند. اگرچه یک عنکبوت در حال جهش بزرگتر از کک است اما از این قاعده پیروی می‌کند که ارتفاع مطلق پرش مستقل از اندازه است.

از نظر تئوری، اگر عوامل پیچیده‌ای مانند مقاومت هوا را نادیده بگیریم، مسیر حرکت کک‌ها یا عنکبوت درحال پرش باید به شکل منحنی زیبایی باشد که ریاضی‌دانان آن را سهمی می‌نامند. مسیر آلن شپرد تقریبا

شبیه به نسخه‌ی بزرگتری از سهمی کک به نظر می‌رسد؛ با این تفاوت که پیش‌رانه‌ی شپرد در قسمت اول سفرش به سمت بالا فعال بود. نیروی پیشران فعال کک در لحظه ترک زمین متوقف می‌شود. مسیر شپرد هم با مانورهای مختلفی که به صورت دستی با روشن کردن موشک‌های پس‌ران کنترل می‌کرد و طی کردن انتهای مسیر با چتر نجات، پیچیده بود.



جهش بزرگ آلن شپرد

و جهش کوچک‌تر اما هنوز هم چشمگیر کک. هر دو سهمی هستند اما با پیچیدگی.

«گاو را یک کره در نظر بگیرید و فرض کنید در خلاء است.» این یک شوخی دوستانه است که در مورد فیزیکدانان نظری - که عادتی کاملا معقول - در ساده‌سازی بیش از حد واقعیت برای آسان‌تر کردن محاسبات دارند، گفته می‌شود. بیایید شوخی را دنبال کنیم و با خوشحالی از عوامل پیچیده کننده‌ی مربوط به کک‌ها و شپرد صرف‌نظر کنیم. هر دو در یک سهمی

زیبا می‌پرند. تفاوت این است که پرش کک ۲۰ سانتی‌متر و فضانورد ۱۸۷ کیلومتر است. کک توسط انرژی عضلانی ذخیره شده در رسیلین به فضا پرتاب می‌شود و فضانورد توسط یک موشک و هر دو به بی‌وزنی می‌رسند؛ کک کمتر از یک ثانیه، فضانورد برای چند دقیقه. حالا تصور کنید کک روی یک ترازوی کوچک باشد. تصور ترازویی به اندازه کک سخت است اما ما به‌عنوان فیزیکدان مجوز انجام این کار را داریم - باز هم با غفلت از مقاومت هوا و سایر عوارض - کک و ترازویی که در سقوط آزاد روی آن نشسته است، وزن‌شان دقیقا مساوی با وزن فضانورد خواهد بود: صفر.

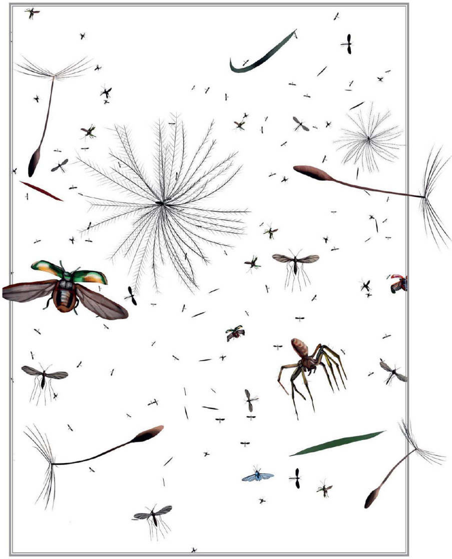
حالا بیایید گاگارین یا ایستگاه فضایی مدرن را به افسانه‌ی تئوریک خود بیاوریم. بی‌وزنی گاگارین در مدار هیچ تفاوتی با بی‌وزنی شپرد یا کک ندارد. این تنها شامل زمانی که آن‌ها به وضوح در حال سقوط بودند نمی‌شود. به

محض اینکه کک از سطح زمین خارج می‌شود در حال سقوط است، البته به سمت بالا حرکت می‌کند. به محض اینکه پیشران‌های موشک آلن شپرد دیگر او را هل ندادند، او در حال سقوط بود (به سمت بالا) و بی‌وزنی را تجربه می‌کرد. بی‌وزنی گاگارین هم صرفا بیشتر طول کشید و بی‌وزنی یک فضانورد در ایستگاه فضایی هم بیشتر طول می‌کشد. بی‌وزنی ماه هم تا میلیاردها سال ادامه دارد. از این فصل نتیجه می‌گیریم که فضانوردان تنها حیواناتی نیستند که با بی‌وزنی به معنای واقعی کلمه از گرانش سرپیچی می‌کنند. «حتی کک‌های تحصیل کرده هم این کار را انجام می‌دهند.»

فصل ۱۱

پلانکتون هوایی





رها همچون نسیم

چرا مانند نهنگ‌ها در دریا هیچ حیوان بالنیِ غول‌پیکری پلانکتون‌های هوایی را نمی‌خورد؟

فصل ۱۱

پلانکتون هوایی

ارتفاعات جوی قلمروی پلانکتون‌های هوایی است. جمعیت مختلطی که از تعداد زیادی دانه‌های گرده، هاگ‌ها، دانه‌های پرنده، حشرات ریزی مانند گونه‌های مختلف مگس پریسا و عنکبوت‌های مینیاتوری با چترهای کوچک ابریشم و بسیاری دیگر را در خود جای داده است. بسیاری از حیوانات کوچک دیگر به‌علاوه‌ی هاگ‌های گیاهی و قارچی، باکتری‌ها و ویروس‌ها نیز در آنجا وجود دارند. البته نام «پلانکتون» از دریا قرض گرفته شده است. لایه‌های سطحی دریا مثل دشتی موج‌دار و وسیع، سرشار از گیاهان میکروسکوپی،

جلبک‌های سبز تک سلولی و باکتری‌هایی است که نور خورشید را برای فتوسنتز جذب کرده و در نتیجه نقطه‌ی شروع زنجیره‌ی غذایی را تشکیل می‌دهند. حیوانات میکروسکوپی قلمروی پلانکتون، جلبک‌ها را می‌خورند و آن‌ها هم توسط موجودات بزرگ‌تر خورده می‌شوند و این چرخه بزرگ‌تر می‌شود. موجودات پلانکتون درون دریا چیزی را انجام می‌دهند که مهاجرت عمودی نامیده می‌شود: آن‌ها در شب به اعماق فرود می‌آیند تا امنیت بیشتری داشته باشند و سپس در روز مهاجرت می‌کنند تا نور خورشید را که حیات به آن وابسته است، جذب کنند.

☜ من قبلا از استاد قدیمی آکسفورد خود سر آلیستر هاردی در ارتباط با پرواز بالن به یاد ماندنی از لندن به آکسفورد یاد کرده‌ام. او

بیشترین تحقیقاتش را در مورد پلانکتون دریا انجام داده است. او ضبط کننده‌ی پلانکتون پیوسته را اختراع کرد. این دستگاه به پشت کشتی بکسل می‌شود و تمام کشتی‌ها می‌توانند آن را بکسل کنند چون همه‌ی کشتی‌ها تحقیقاتی نیستند. این دستگاه شامل یک نوار ابریشم بسیار طولانی است که آرام از قرقره‌ها بیرون می‌آید. آب دریا از ابریشم عبور می‌کند و موجودات پلانکتون را به دام می‌اندازد. هنگامی که قرقره‌ی ابریشم مورد بررسی قرار می‌گیرد، می‌توان موقعیتی که هر موجود پلانکتونیک دریا در آن گرفتار شده است را محاسبه کرد - با دانستن سرعت و مسیر کشتی، البته به‌علاوه سرعت بیرون‌آمدن ابریشم

از قرقره‌ها.

در حین تحقیق برای نوشتن این کتاب متوجه شدم که پروفسور هاردی نیز به همراه یکی از همکارانش توجه خود را به پلانکتون‌های هوایی معطوف کرده است. مقاله‌ی آن‌ها که در سال ۱۹۸۳ منتشر شد نوشتار واضح و تقریبا پرحرف و در سبکی است که متأسفانه امروز هیچ مجله‌ی علمی آن را نمی‌پذیرد. آن‌ها از دو بادبادک برای بستن توری استفاده کردند که پلانکتون‌های هوایی را به دام انداخت. آن‌ها خیلی زیبا، از ماشین قدیمی بولنوز موریس دهه‌ی ۱۹۲۰، به‌عنوان بخشی از تجهیزات خود استفاده کردند. پس از رسیدن به محل آزمایش، آن‌ها محور عقب را با جک بالا بردند و از یکی از چرخ‌های عقب که لاستیک آن برداشته شده بود به‌عنوان وینچ برای چرخاندن بادبادک‌ها به بالا و پایین استفاده کردند. برخی دیگر از

محققـان از تورهـای یدک‌شـده از هواپیمـا بـرای اهـداف مشـابهی اسـتفاده کرده‌انـد.



سِر آلیستر هاردی

کارشناس بزرگ پلانکتون‌های دریایی با استفاده از دو بادبادک و با کمک یک ماشین، توجه خود را به پلانکتون‌های هوایی معطوف کرد.

نقشه جهان

برخلاف پلانکتون دریا، پلانکتون هوایی لایه‌ی اصلی فتوسنتز برای حفظ زنجیره‌ی غذایی نیست؛ اگرچه جلبک‌ها و باکتری‌های سبز در آن وجود دارند که قادر به فتوسنتز کردن هستند. گیاهانی که وارد پلانکتون هوایی می‌شوند، از هوا به‌عنوان وسیله‌ای برای پراکندگی خود استفاده می‌کنند که از جمله می‌توان به پراکندگی گرده‌ها و دانه‌ها اشاره کرد. ممکن است بپرسید که چرا پخش کردن بذرها بسیار مهم است. بدون شک این تا حدی برای

جلوگیری از رقابت بین والدین و فرزندان است. اما دلیل ظریف‌تری هم وجود دارد. دلیلی که با یک نظریه‌ی ریاضی جذاب سروکار دارد و برای حیوانات و همچنین گیاهان کاربرد دارد. من وارد ریاضیات دقیق نمی‌شوم، اما عادت همیشگی خود را دنبال می‌کنم که سعی می‌کنم یک نظریه‌ی ریاضی را با کلمات، بدون نمادهای جبری توضیح دهم.

اگر یک گیاه یا حیوان در بهترین مکان ممکن زندگی می‌کند، به نظر می‌رسد مزیت آشکاری در بودن فرزندانش در همان مکان وجود دارد. بالاخره چه چیزی می‌تواند به آن‌ها شروع بهتری از زندگی در بهترین مکان ممکن بدهد؟ با این وجود، تئوری ریاضی نشان می‌دهد که حیوانی (یا گیاهی) که برای فرستادن حداقل تعدادی از فرزندانش به دوردست‌ها گام برمی‌دارد، در درازمدت ژن‌های بیشتری را نسبت به رقیبی که تمام فرزندانش را در نزدیکی

خودش نگه می‌دارد، گسترش می‌دهد. این حتی اگر فرزندان «درهمسایگی» در بهترین مکان در جهان (در حال حاضر) باشند و «راه دورتر» به‌طور میانگین بدتر باشد هم صدق می‌کند. اگر فکر کنید فجایعی مانند سیل یا آتش‌سوزی جنگل‌ها گاهی اتفاق می‌افتد و «بهترین مکان جهان» را از بین می‌برد، می‌توانید متوجه شوید که چرا این اتفاق می‌افتد. البته چنین فجایعی نادر هستند و به احتمال زیاد در «بهترین مکان درجهان» بیشتر از هر جای دیگری اتفاق نمی‌افتند. با این وجود اگر به تاریخ هر مکان خاصی نگاه کنید؛ حالا هر چقدر هم که آن مکان عالی باشد احتمالا در زمانی در گذشته قربانی یک فاجعه شده است.

وقتی درباره‌ی فرگشت فکر می‌کنم اغلب نگاه کردن به گذشته و به نسل‌های طولانی نیاکان را مفید می‌دانم. روزی قصد دارم کتابی در

همین راستا به نام «ژنتیک مردگان» بنویسم. هر موجود زنده، حیوان یا گیاه، آخرین موجود در یک سلسله ناگسستنی از اجداد موفق است. نیاکان بنا به این تعریف موفق بودند: آنقدر زنده ماندند تا به نیاکان تبدیل شوند – و نیا شدن، تعریف داروینی از موفقیت است. من از این طرز تفکر برای توضیح اینکه چرا گیاهان باید بذرهای خود را به جای انداختن آن‌ها بر روی زمین والد، به زمین‌های دوردست پراکنده کنند استفاده می‌کنم و اینکه چرا حیوانات باید حداقل تعدادی از فرزندان خود را مانند کریستفر کلمبوس یا لیف اریکسون به بیرون بفرستند تا به دنبال بخت خود در سرزمین‌های ناشناخته باشند.

یک حیوان (یا گیاه) موفق ممکن است در همان مکان والدینش زندگی کند اما احتمالا نه در همان جایی که ده جد پدربزرگ و مادربزرگش زندگی کرده بودند. او حداقل

دارای برخی از اجدادی است که موفقیت خود را مدیون ترک پناهگاه والدین بودند و برای جستجوی بخت خود به ناشناخته‌های وحشی فرستاده شده بودند. در گیاهان، «فرستاده شده برای جستجوی بخت خود» ممکن است به معنای پخش شدن دانه‌ها در بادهای روان باشد.

بیشتر دانه‌های پخش شده روی زمین سنگی افتاده و از بین می‌روند. آن‌ها تبدیل به نیاکان نمی‌شوند. اما هر موجود زنده‌ای که به گذشته نگاه می‌کند، تقریبا به‌طور قطع در میان نیاکان خود حداقل تعدادی از آن‌هایی را می‌بینند که زندگی را دور از والدین خود آغاز کرده‌اند و در نتیجه از آتش‌سوزی جنگل، زلزله، آتشفشان، سیل یا فجایع مشابه آن‌ها که به‌طور غیر قابل پیش‌بینی خانه‌ی والدین را ویران کرده بود فرار کرده‌اند. تا حدودی به همین دلیل است که گیاهان برای پخش کردن

بذرهـای خـود بـه مکان‌هـای دور سـرمایه‌گذاری زیـادی می‌کننـد نـه اینکـه مسـیر آسـانی را بـرای انداختـن آن‌هـا در نزدیکـی خـود انتخـاب کننـد. در مـورد حیوانـات هـم همینطـور اسـت. ایـن بخشـی از داسـتان پلانکتـون هوایـی اسـت.

دوسـت و همـکار فقیـد مـن ویلیـام همیلتـون بـه دلیـل دسـتاوردهای درخشـانش در رابطـه بـا نظریـه‌ی داروین مشـهور اسـت. برخـی می‌گوینـد او بزرگتریـن داروینیـن نیمـه‌ی دوم قـرن بیسـتم بـود. بسـیاری از ایده‌هـای دوراندیشـانه‌ی او اکنـون توسـط زیست‌شناسـان پذیرفتـه شـده اسـت. یکـی از کوچک‌تریـن دسـتاوردهای او پیشـنهاد نظریـه‌ای بـود کـه مـن سـعی کـردم توضیحـش دهـم کـه در شـکل ریاضـی آن بـود و بـه همـراه یکـی دیگـر از همـکاران آکسـفورد مـن، رابـرت مـی، فیزیکـدان اسـترالیایی کـه تبدیـل بـه زیست‌شـناس شـد و رئیـس انجمـن سـلطنتی و مشـاور ارشـد علمـی دولـت بریتانیـا، ارائـه شـد. امـا بیـل همیلتـون

هم پیشنهادهای جسورانه‌ای ارائه کرد که هنوز در انتظار جدی گرفته شدن هستند. یکی از این پیشنهادات قابل توجه در مورد پلانکتون هوایی است.

ایده‌ی او این است که میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها و جلبک‌های تک سلولی، در ارتفاعات بالای جو، بذرهای تشکیل ابرهای باران‌زا هستند. آن‌ها برای انجام این کار فرگشت یافته‌اند چون به آن‌ها کمک می‌کند که در سراسر جهان جابجا شوند. سپس با بارش باران برای شروع یک زندگی جدید در مکانی جدید آماده می‌شوند. این یکی از آن ایده‌هایی است که آزمایشش سخت است و منصفانه است که بگوییم دانشمندان زیادی آن را جدی نمی‌گیرند. من با این ایده مخالف نیستم، به‌ویژه به دلیل اینکه می‌توان آن را به‌عنوان نمونه‌ای عالی از چیزی که مدت‌ها پیش (در کتابی به این نام) «فنوتیپ گسترش یافته»

نامیده بودم دید. بیل سابقه‌ی زیادی در جلوتر بودن از زمان خود داشت و اغلب حق با او بود که نمی‌توانست به راحتی از ایده‌اش بگذرد. این ایده الهام‌بخش سخنرانی تأثیرگذاری به مناسبت خاکسپاری او بود.

اول، یک پیش زمینه. بیل چند سال قبل از مرگش، دو نسخه از یک مقاله‌ی معمولی عجیب به نام «دفن مورد نظر من و چرائیش» را منتشر کرد که در آن نوشته بود:

> من مبلغی را در پاکت وصیتم می‌گذارم تا جسدم را به جنگل‌های برزیل ببرند. همان‌طور که مرغ‌های خود را ایمن نگه می‌داریم، بدنم را به گونه‌ای امن در برابر پوسوم‌ها و کرکس‌ها قرار می‌دهند و سوسک Coprophanaeus» سرگین‌چرخان» مرا دفن خواهد کرد. آن‌ها وارد خواهند شد، دفن

خواهند کرد و بر روی گوشت من زندگی خواهند کرد و در شکل فرزندان آن‌ها و فرزندان خودم از مرگ فرار خواهم کرد. نه کرمی و نه مگس‌های ناخوشایندی برای من وجود خواهد داشت، من در غروب مانند یک زنبور بزرگ وزوز خواهم کرد. من بسیار خواهم بود. حتی مانند انبوهی از موتورسیکلت‌ها وزوز می‌کنم. در هوا معلق با پرواز بدن در طبیعت برزیل زیر ستاره‌ها، در زیر آن بال‌های زیبایی که همه بر پشت خود نگه می‌داریم. پس بالاخره من هم مثل یک سوسک زمینی بنفش، زیر سنگی خواهم درخشید.

همان‌طور که ما عزاداران در بعدازظهری خاکستری و ابری در حاشیه‌ی ویتام وود در نزدیکی آکسفورد، صحنه‌ی سال‌ها تحقیقات میدانی بزرگ زیست‌محیطی ایستاده بودیم، لوئیزا بوتزی، پارتنر ایتالیایی بسیار دوست‌داشتنی بیل، زانو زده و سوگوار با قبر باز صحبت می‌کرد. او پس از بیان اینکه چرا نمی‌توانست آرزوی بیل برای بودن در جنگل‌های برزیل را برآورده کند، این کلمات فوق‌العاده را به زبان آورد:

> بیل، اکنون بدنت در ویتام وودز خوابیده است، اما از اینجا دوباره به جنگل‌های محبوب خود خواهی رسید. نه تنها در یک سوسک، بلکه در میلیاردها هاگ قارچ و جلبک که توسط باد به تروپوسفر آورده می‌شود زندگی خواهی کرد. ابرها را تشکیل خواهی داد و در اقیانوس‌ها سرگردان

خواهی شد. سقوط خواهی کرد و دوباره و دوباره، به بالا پرواز خواهی کرد تا در نهایت قطره‌ی بارانی تو را با آب جنگل پرآب آمازون پیوند دهد.

خود لوئیزا متأسفانه اندکی بعد درگذشت. اما کلمات شاعرانه‌اش بر روی یک نیمکت سنگی در نزدیکی قبر بیل حک شده است. مانند همیشه به تازگی از این مکان بازدید کرده‌ام. او مطمئنا قدردان چنین خداحافظی زیبایی از عشق زندگی‌اش بود. بنابراین شاید ابرها روزنه‌ی امیدی داشتند، خواه توسط پلانکتون هوایی بذردار شده باشند یا نه.



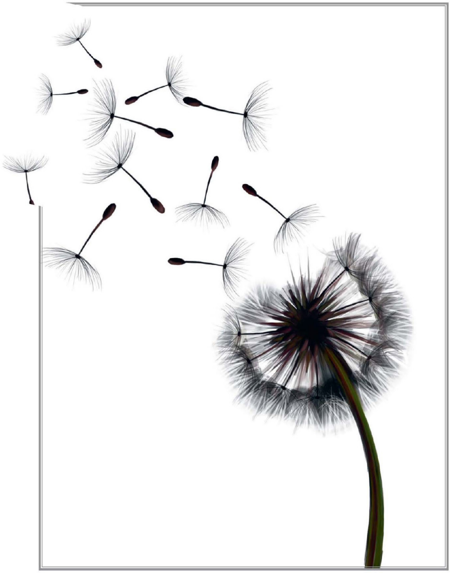
بیل همیلتون الهام‌بخش

داروینین بزرگ زمان من

فصل ۱۲

«بال‌های» گیاهان





«او مرا دوست ندارد»

هر دانه‌ی قاصدک به اندازه‌ای کوچک است که به راحتی پرواز می‌کند و با استفاده از چتر نجات کوچکش سطح مساحت خود را افزایش می‌دهد.

فصل ۱۲

«بال‌های» گیاهان

به استثنای چند مورد مانند ونوس مگس‌خوار و گیاه حساسی به نام گل قهر و آشتی، گیاهان فاقد چیزی معادل ماهیچه هستند. گیاهان نمی‌توانند تحرک داشته باشند. با اینحال، گیاهان به پخش دانه‌های خود (به فصل ۱۱ مراجعه کنید) و تبادل گرده با سایر اعضای گونه‌ی خود نیاز شدیدی دارند. واسطه‌ی اصلی آن‌ها هوا است. اگر گیاهان دقیقا در هوا پرواز نکنند، با روش‌های غیرمستقیمی به معادل پرواز می‌رسند. بنابراین آن‌ها در این کتاب شایسته‌ی داشتن یک فصل هستند.

گل خار، قاصدک و بسیاری از دانه‌های دیگر به

معنای واقعی کلمه در همه‌ی جهات پراکنده می‌شوند. آن‌ها از برخی از اصول پرواز استفاده می‌کنند که ما قبلا با آن‌ها آشنا شده‌ایم. دانه‌ی قاصدک یا خار کوچک است و دارای یک چتر کوچک پردار است که سطح بزرگش آن را قادر می‌سازد تا در مسافت‌های طولانی شناور بماند. دانه‌های چنار حجیم‌تر هستند: یک بار دیگر هزینه-فایده داریم. دانه‌های بسیار ریز و سبک مانند دانه‌های قاصدک فاقد مواد مغذی هستند که بذر بزرگ‌تر را برای شروع خوب زندگی آماده می‌کند. چنارها به میان‌گیری متفاوتی می‌رسند. دانه‌ی آن‌ها کوچک نیست بنابراین دانه‌های کمتری تولید می‌شود: اضافه کردن غذا به دانه پرهزینه است. دانه چنار دارای بال بزرگ لازم برای حمل غذا است اما تا مسافتی نه چندان دور. در واقع دقیقا شبیه بال حشره است، اینطور نیست؟ البته تکان نمیخورد و در عوض توسط

باد برده می‌شود و در حین پایین آمدن مانند یک هلیکوپتر کوچک اسباب‌بازی می‌چرخد.



دانه‌ی چنار بال‌دار

اگر نمی‌دانستی، ممکن بود فکر کنی که بال حشره است؟

دانه‌های چنار بخشی از دانه‌هایی هستند که مانند هلیکوپترهای مینیاتوری رفتار می‌کنند. اما شاید دیدنی‌ترین نمونه از دانه‌های پرنده، خیار جاوانی باشد. میوه آن کدوهای حلوایی‌ای است که مجموعه‌ای از چتربازهای زیبا از درون‌شان به بیرون پرتاب می‌شوند. هر چترباز دارای دو بال نازک به اندازه کاغذ است که از یک دانه مرکزی بیرون می‌آید. آن‌ها به زیبایی پروانه‌های گرمسیری اوج می‌گیرند و جابه‌جا می‌شوند. غلاف‌های بذر گیاهان دیگر دارای فنر هستند و منفجر می‌شوند و دانه‌ها را با سرعت

زیادی به بیرون پرتاب می‌کنند. مثلا دانه‌های گیاه نوک لک‌لکی معمولی با چرخاندن و باز کردن «ریشک» خود که ساختاری تسمه‌مانند دارد، در زمین فرو می‌روند.



دانه‌ی خیار جاوانی

مثل پروانه‌ای در جنگل

بسیاری از گیاهان بال پرندگان (و پاهای پستانداران) را برای حمل دانه‌های خود به دوردست‌ها قرض می‌گیرند. خارگوی‌ها قلاب‌های کوچکی مانند چسبک دارند که روی خز یا پرها می‌چسبند و تا مکان دیگری

حمل می‌شوند. میوه‌های لذیذ برای خوردن طراحی شده‌اند و هدف این است که برای خورندگان لذت نداشته باشند. بذرها طوری طراحی شده‌اند که از روده عبور کرده و از انتهای دیگر بیرون بیایند و کود خوبی داشته باشند. اما همه‌ی میوه‌خواران احتمالی به یک اندازه برای گیاه مطلوب نیستند. پرندگانی که بال دارند، احتمالا دانه‌ها را قبل از دفع کردن، به مکان دورتری حمل می‌کنند، که ممکن است برای گیاه چیز خوبی باشد. به همین دلیل است که برای مثال، شابیزک‌های کشنده برای اکثر پستانداران مرگ‌آفرین هستند اما برای پرندگان قابل خوردن هستند.

گرده‌ها هم باید پراکنده شوند. چرا؟ اجتناب از هم‌خونی مهم است. اینکه دقیقا رابطه جنسی چه کاربردی دارد مورد بحث بسیاری از دانشمندان است. چرا اکثر حیوانات و گیاهان ژن‌های خود را با ژن‌های جنس مخالف مخلوط

می‌کننـد؟ چـرا آن‌هـا ماننـد شـته‌های مـاده و حشـرات چوبـی ایـن کاررا نمی‌کننـد: بـدون اینکـه مزاحـم نرهـا شـوند یـا جفتگیـری کننـد، ازخـود نسـخه‌برداری کننـد؟ ممکـن اسـت فکـرکنیـد کـه پاسـخ واضـح اسـت، امـا مـن قـول می‌دهـم کـه اینطـورنیسـت. دلیلـش هـرچـه کـه باشـد بایـد محکـم باشـد، زیـرا تقریبـا همـه‌ی حیوانـات و گیاهـان رابطـه‌ی جنسـی دارنـد، هرچنـد کـه بسـیار پرهزینـه و وقت‌گیـراسـت. اگـربـا خـود جفتگیـری کنـی نقـض هـدف کـرده‌ای، حـال آن هـدف هـرچـه کـه باشـد. بـه همیـن دلیـل اسـت کـه گیاهـان، ازجملـه گیاهـان هرمافرودیـت تـا آنجـا پیـش رفته‌انـد کـه بـا هـردو قسـمت مـاده و نرشـان، تمـام تـلاش خـود را می‌کننـد تـا ازطریـق هـوا گـرده‌ی خـود را بـه گیـاه دیگـری منتقـل کننـد. پـس ماننـد دانه‌هـا، گرده‌هـا هـم نیـازبـه پـروازدارنـد.

سـاده تریـن راه بـرای پـروازگـرده ایـن اسـت کـه توسـط بـاد بـرده شـود. دانه‌هـای گـرده بسـیار

کوچک هستند. بنابراین، در ادامه‌ی مباحث فصل ۴، در نسیم شناور می‌شوند. اما این روش نسبتا بیهوده است. دانه‌ی گرده بادزده باید بسیار خوش‌شانس باشد تا قسمت مناسب ماده یعنی «کلاله‌ی» گیاه دیگری از همان گونه را پیدا کند. احتمال کم انجام این کار با حرکت ابرهای متحرک بزرگی از میلیون‌ها دانه‌ی گرده متعادل می‌شود. این کاری است که بسیاری از گیاهان انجام می‌دهند و به اندازه‌ی کافی خوب عمل می‌کنند.

اما آیا روشی کمتر بیهوده برای انجام آن وجود دارد: راه حلی متفاوت برای مشکل؟ ممکن است بلافاصله یک ایده به ذهن خطور کند. این گیاه می‌تواند یک وسیله‌ی نقلیه‌ی پرنده کوچک برای گرده مثلا یک ارابه‌ی مینیاتوری دارای بال ایجاد کند. ارابه برای تشخیص سایر گیاهان از همان گونه نیازمند معادل اندام‌های حسی و معادل مغز و سیستم عصبی کوچکی

برای کنترل بال‌ها و هدایت حامل گرده‌ی پرنده به سمت هدف مناسب است. خب، این ایده‌ی بدی نیست و می‌تواند کار کند. اما چرا گیاه به خود زحمت بدهد؟ هوا پر از وسایل نقلیه‌ی کوچکی است که پرواز می‌کنند. به‌عنوان مثال زنبورها و پروانه‌ها، خفاش‌ها، مرغ‌های مگس‌خوار که دارای بال‌های کاملا فعالی هستند که توسط ماهیچه‌ها به حرکت در می‌آیند، توسط مغز کنترل می‌شوند و اندام‌های حسی که می‌توانند اهداف را مسیریابی کنند. تنها چیزی که گیاه نیاز دارد این است که راهی برای بهره‌برداری از آن‌ها بیابد. حشرات را فریب دهد تا گرده‌اش را جمع کنند و آن‌ها را متقاعد سازد که محموله‌ی گران‌بها را به جایی ببرند که نیاز است.



گل

شاید «استثمار» کلمه‌ی اشتباهی باشد. چرا شراکتی ایجاد نشود تا هر دو طرف سود ببرند؟ پرداخت هزینه‌ی خدمات حشرات چطور؟ پرداخت هزینه‌ها با سوخت هوانوردی: شهد. البته گیاهان با زنبورها نمی‌نشینند تا در مورد معامله مذاکره کنند: «اگر گرده‌ام را برایم ببری، در عوض شهد می‌دهم. اینجا را امضا کن لطفا.» در عوض، انتخاب طبیعی داروینی از گیاهانی حمایت می‌کند که اتفاقا

تمایـل ژنتیکـی بـه سـاختن شـهد دارنـد. ژن‌هـای ساخت شـهد از طریـق دانه‌هـای گـرده‌ی ایـن گیـاه منتقـل شـده و توسـط زنبورهـای شـهد گرفتـه، حمـل می‌شـوند. بایـد اضافـه کنـم کـه شـهد گـران اسـت و گل‌هـا بـرای بال‌هـای اسـتخدام شده‌شـان هزینـه‌ی گزافـی می‌پردازنـد.

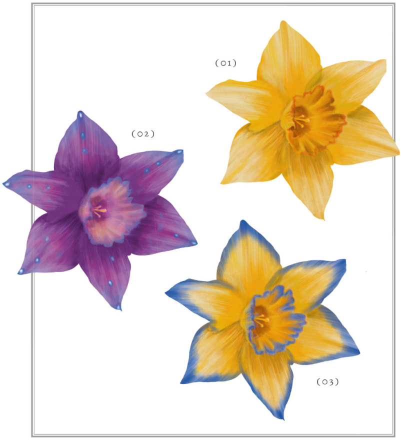
حشـرات هنـگام مکیـدن شـهد به‌طـور تصادفـی گرده‌هایـی کـه بـه بدن‌شـان می‌چسـبد را جمـع می‌کننـد. سـپس هنگامـی کـه حشـرات می‌رونـد تـا شـهد بیشـتری از گیاهـان دیگـر بمکنـد گرده‌هـا روی کلاله‌هـای آن‌هـا می‌ریزنـد. البتـه ایـن فقـط زنبورهـا و پروانه‌هـا نیسـتند بلکـه مرغ‌هـای مگس‌خـوار و همینطـور مشـابهان دنیـای قدیـم و آسـیایی آن‌هـا یعنـی شـهدخواران هـم شـهد دوسـت دارنـد. سوسـک‌ها و خفاش‌هـا هـم بـرای برخـی گیاهـان گرده‌افشـانی می‌کننـد. هـر چیـزی کـه بـال داشـته باشـد، می‌توانـد مشـمول قـرض گرفتـن شـود.

زنبورها و پروانه‌ها، مرغ‌های مگس‌خوار و دیگران چگونه شهد را پیدا می‌کنند؟ انتخاب طبیعی از گیاهانی حمایت می‌کند که «تبلیغ» می‌کنند: «بیا و از اینجا شهدت را بگیر.» گل‌ها تا حدودی این کار را با عطرهای جذاب‌شان انجام می‌دهند: رایحه‌هایی که در بسیاری از موارد مانند گل رز و نیلوفر به نظرمان جذاب هستند. در مواردی هم چندان جذاب نیستند. گل‌هایی که برای جذب انواع مگس طراحی شده‌اند بویی شبیه گوشت گندیده می‌دهند.

خفاش‌ها بال دارند و برخی خفاش‌ها شهد دوست دارند. بنابراین تعجب‌آور نیست که گیاهانی وجود دارند که در استخدام بال خفاش برای حمل گرده‌ی خود در شب متخصص هستند. اما از آنجایی که خفاش‌ها برای یافتن چیزها به‌جای پرتوهای نور از پژواک صوتی استفاده می‌کنند، چیزی معادل یک بیلبورد تبلیغاتی بزرگ باید به‌جای چشم‌ها، گوش‌ها

را جـذب کنـد. مارکگرَویـا ایونِیـا Marcgravia evenia، گیاهـی بالارونـده در جنگل‌هـای بارانـی کوبـا و دارای برگ‌هایـی بـه شـکل بشـقاب بازتابگـر اسـت. نکتـه‌ای کـه در مـورد بشـقاب‌های بازتابنـده وجـود دارد ایـن اسـت کـه آن‌هـا ایسـتگاه‌های هدایـت قدرتمنـدی بـرای پژواک‌هایـی هسـتند کـه از جهـات مختلـف می‌آینـد. بـرای خفاشـی کـه در دنیایـی از پـژواک زندگـی می‌کنـد، بـرگ بشـقاب شـکل احتمـالا ماننـد یـک تابلـوی نئونـی درخشـان «درخشـش» دارد.

جالـب اسـت کـه شـواهدی وجـود دارد کـه نشـان می‌دهـد گل‌هـا و زنبورهـا میدان‌هـای الکتریکـی تولیـد می‌کننـد کـه بـا یکدیگـر تعامـل دارنـد و بـه هدایـت زنبورهـا بـه سـمت هـدف کمـک می‌کننـد. حتـی شـواهدی وجـود دارد کـه نیروهـای الکترواسـتاتیک گـرده را از اندام‌هـای گل نـر بـه بـدن زنبـور می‌مکـد و سـپس گـرده را از بـدن زنبـور بـه اندام‌هـای گل مـاده دفـع می‌کنـد.



در افسانه‌ها آمده است که نرگس، عاشق تصویر خودش شد

ممکن است در مورد اینکه برای یک حشره – مخاطبان هدفش – چگونه به نظر برسد، چه فکر کند.

نرگس همانطور که ما آن را می بینیم (۰۱)، در نور ماوراء بنفش در آن لکه‌هایی ظاهر می‌شوند که برای ما نامرئی‌ست (۰۲) و پوشیده از غبار الکترواستاتیک (۰۳). در واقع احتمالا یک حشره نرگس را به صورت سوسو زدن مانند چرخش‌نما می‌بینند نه مثل پنج گلبرگی که ما می‌بینیم.

اما گل‌ها بیشتر از طریق چشم گرده‌افشان‌های خود را جذب می‌کنند. حشرات دید رنگی خوبی

دارنـد. پرنـدگان هـم همینطـور. هـر دو می‌تواننـد رنگـی را خـارج از محـدوده‌ای ببیننـد کـه ما می‌توانیـم ببینیـم یعنـی محـدوده‌ی فرابنفـش، گل‌هـا هـم از ایـن مزیـت بهره‌بـرداری می‌کننـد. بسـیاری از گل‌هـا دارای الگوهـای راه‌راه یـا لکه‌هایـی هسـتند کـه فقـط در محـدوده‌ی فرابنفـش دیـده می‌شـوند. حشـرات نمی‌تواننـد قرمـز را ببیننـد امـا پرنـدگان می‌تواننـد: بـه همیـن دلیـل اسـت کـه اگـر یـک گل وحشـی قرمز روشـن دیـدی احتمالا شـک‌ات درسـت خواهـد بـود کـه هـدف آن جـذب پرنـدگان اسـت. چمنـزاری پـر از گل‌هـای وحشـی بـا گلبرگ‌هـای رنگارنگ‌شـان کـه ماننـد تابلوهـای نئونـی علفـزار هسـتند، سـیرک پیکادلـی یـا میـدان تایمـز زنبورهـا و پروانه‌هـا اسـت. هـم رنگ‌هـا و هـم رایحه‌هـا توسـط باغبان‌هـای انسـانی تقویـت شـده‌اند کـه ماننـد زنبورهـای غول‌پیکـر به‌عنـوان عوامـل انتخابـی عمـل می‌کننـد.

اسـتخدام بـال زنبورهـا، پروانه‌هـا و مرغ‌هـای

مگس‌خـوار گـرده را بـا دقـت بیشـتری نسـبت بـه پخـش آن در بـاد هـدف قـرار می‌دهـد. زنبـور از گلـی کـه بـا گـرده‌ی آن غبارآلـود شـده بیـرون می‌آیـد و مسـتقیم بـه سـمت گل دیگـری مـی‌رود. امـا گل دوم ممکـن اسـت متعلـق بـه گونـه‌ی مناسـب نباشـد. آیـا راه بهتـری وجـود دارد؟ آیـا گل می‌توانـد کاری انجـام دهـد تـا مطمئـن شـود گرده‌هایـش بـه گونـه‌ی خـودش منتقـل می‌شـود؟ آیـا راهـی بـرای کاهـش «روسـپی‌گری» در میـان حشـرات و تشـویق «وفـاداری بـه گل» وجـود دارد؟ بلـه. گل‌هـا در آسـتین‌های رنگارنگ‌شـان ترفندهـای زیـادی دارنـد. در هـر گونـه، بیشـتر گل‌هـا یـک رنـگ هسـتند. حشـراتی کـه بـه تازگـی از یـک گل دیـدن کرده‌انـد تمایـل دارنـد بـه سـراغ گل دیگـری بـا همـان رنـگ برونـد کـه ایـن تـا حـدودی احتمـال انتقـال گـرده بـه گونـه‌ی اشـتباه را کاهـش می‌دهـد البتـه تنهـا تـا حـدودی. چـه کار دیگـری می‌توانـد انجـام شـود؟

گل‌هایی وجود دارند که شهد خود را در انتهای لوله‌ای بلند نگه می‌دارند، به‌طوری که فقط حشرات با زبان بسیار دراز یا فقط مرغ مگس‌خوار با منقار بسیار بلندش می‌توانند به آن برسند. مرغ مگس نوک‌شمشیری آمریکای جنوبی منقاری بلندتر از بدنش دارد. منقارش آنقدر بلند است که نمی‌تواند بخش‌های بزرگی از بدنش را پرآرایی کند، که باید برایش نسبتا ناخوشایند هم باشد. شاید بیشتر از ناخوشایند باشد: همان‌طور که در فصل ۵ دیدیم، پرندگان زمان زیادی را صرف پرآرایی پرهای خود می‌کنند که نشان می‌دهد پرآرایی نقش مهمی در بقا دارد. پرنده‌ای که نمی‌تواند پرهای بال خود را پرآرایی کند ممکن است پروازش دچار مشکل شود. در مقابل، فشار برای رشد منقار بلند در مرغ مگس‌خوار باید فوق‌العاده قوی باشد. به نظر می‌رسد که این نوک شمشیری قابل توجه با لوله‌های شهدی

بسیار بلند گل خاصی از گونه‌ی گل ساعتیان به نام «پَسیفلورا میکستا Passiflora mixta» فرگشت یافته است. گلبرگ‌های صورتی این گل باز شدن لوله را تبلیغ می‌کنند. لوله آنقدر عمق دارد که فقط یک نوک‌شمشیری می‌تواند به شهد دست پیدا کند. گل‌ها می‌توانند مطمئن باشند (منظورم را می‌دانید) که فقط یک نوک‌شمشیری از آن‌ها بازدید می‌کند و مطمئن باشند که نوک‌شمشیری به سراغ گل دیگری از همان گونه خواهد رفت. پرنده و گل شرکای وفادار یکدیگر هستند که باعث می‌شود گرده‌ها با انتقال به گلی از گونه‌ی دیگر هدر نروند.



گام‌هایی جدی برای اطمینان از وفاداری گرده‌افشان

«Passiflora mixta» شهد خود را در انتهای یک لوله بلند نگه می‌دارد. می‌توان مطمئن بود که فقط یک مرغ مگس‌خوار نوک‌شمشیری می‌تواند به آن برسد و گرده‌اش را به گل دیگری از همان گونه ببرد. این گیاه تنها بال‌های نوک‌شمشیری را به خدمت خود می‌گیرد.



«اوه، چه حشره‌ای می‌تواند آن را بمکد؟»

پاسخ (اگرچه داروین خیلی زود مرد و آن را ندید) مشخص شد:
«Xanthopan morganii»

مـورد مشـابه زیبایـی از یـک پروانـه وجـود دارد. درسـال ۱۸۶۲، زمانـی کـه چارلـز داروین روی کتـاب ارکیـده‌اش کار می‌کـرد، مـردی بـه نـام بِیتمـن نمونه‌هایـی ماننـد «ارکیـده‌ی ماداگاسـکار Angraecum sesquipedale» را بـرای او فرسـتاد. «Sesquipedale» از یـک کلمـه‌ی

لاتین به‌معنای «به‌طول یک پا و نیم» گرفته شده است. این ارکیده دارای لوله‌ی شهد خارق‌العاده‌ای است که در واقع می‌تواند به آن اندازه بلند باشد. داروین در نامه ای به دوستش جوزف هوکر گیاه‌شناس گفت: «عجب، چه حشره‌ای می‌تواند آن را بمکد؟» سپس پیش‌بینی جسورانه‌ای کرد که جایی در ماداگاسکار باید پروانه‌ای وجود داشته باشد که زبانش آنقدر دراز باشد که بتواند به اعماق لوله برسد. داروین در سال ۱۸۸۲ درگذشت. بیست و پنج سال بعد حشره‌شناسی در ماداگاسکار یک زیرگونه محلی از شب‌پره‌ی آفریقایی به نام «Xanthopan morganii» را کشف کرد. زبان این پروانه می‌تواند به ۳۰ سانتی‌متر برسد که پیروزمندانه پیش‌بینی داروین را تأیید می‌کند و نام زیرگونه‌اش را توجیه می‌کند: «پیش‌بینی Preedicta»

بعضی از گل‌ها به‌ویژه ارکیده‌ها تلاش‌های

زیادی انجام می‌دهند تا حشرات را برای گرده‌افشانی اغوا کنند. بله منظورم اغوا کردن است. ارکیده‌های زنبور عسل شبیه زنبورها هستند و گونه‌های مختلف‌شان شبیه گونه‌های مختلف زنبور عسل‌اند. زنبورهای نر در تلاش برای جفتگیری با گل فریب می‌خورند. گرده در طول تلاش‌های زنبور به او می‌چسبد و به ارکیده‌ی بعدی که زنبور سعی می‌کند با آن جفتگیری کند منتقل می‌شود. ارکیده‌ها فقط چشم‌ها را فریب نمی‌دهند. برخی از آن‌ها «فِرومون» را هم شبیه‌سازی می‌کنند؛ ماده‌ای شیمیایی با بوی قوی که حشرات ماده توسط آن نرها را اغوا می‌کنند تا با آن‌ها جفتگیری کنند. ارکیده‌های دیگر مگس‌ها و زنبورهای بی‌عسل را شبیه‌سازی می‌کنند. ارکیده‌های شبیه‌ساز حشره شهد نمی‌سازند. برخلاف گل‌های دیگر که برای گرده‌افشان‌هایشان هزینه می‌کنند، این ارکیده‌های اغواگر حشرات

را فریـب می‌دهنـد و خدمـات رایـگان دریافـت می کننـد.

اگـر پراکندگـی گـرده در بـاد بـه دلیـل اینکـه بیشـتر آن‌هـا هرگـز بـه مقصـد نمی‌رسـند بیهـوده اسـت، ارکیده‌هـای ایـن فصـل برعکـس «نوش‌داروهـای» گـرده افشـانی بـا حداقـل هـدر رفتـن هسـتند. جایـی در انتهـای طیـف نـوش‌دارو، ارکیده‌هـای چکشـی هسـتند؛ ده گونـه از سـرده‌ی «دراکائیـا Drakaea» کـه در اسـترالیای غربـی زندگـی می‌کننـد. هـر یـک از ایـن ده گونـه توسـط گونه‌هـای زنبـور مختـص بـه خـود گـرده افشـانی می‌شـوند. بنابرایـن گـرده کمتریـن ضـرر را از منتقـل شـدن بـه گونـه‌ی نامناسـب گل مـاده یـا از بیـن رفتـن متحمـل می‌شـود. هـر گل دارای یـک زنبـور بی‌عسـل مـاده‌ی سـاختگی در انتهـای یـک «بـازو» اسـت کـه یـک «آرنـج» لولایـی دارد. آن‌هـا هـم مـاده‌ای شـیمیایی ترشـح می‌کننـد کـه عطـر اغـوا کننـده‌ی زنبـور مـاده‌ی آن گونـه را

شبیه‌سازی می‌کند. ماده‌های این گونه‌های زنبورهای بی‌عسل بدون بال هستند و عادت دارند که به بالای ساقه‌ی گیاه خزیده و منتظر بمانند تا یک نر بال‌دار را با بو جذب کنند. سپس نر، ماده را می‌گیرد و او را در آغوش خود می‌برد و با او در حال پرواز جفتگیری می‌کند. زنبور نر سعی می‌کند همین کار را با ماده‌ی ساختگی ارکیده انجام دهد. او «او» را می‌گیرد و سعی می‌کند با «او» پرواز کند. بال زدن‌های دیوانه‌وارش او را به سمت بالا می‌راند اما ماده‌ی ساختگی نمی‌خواهد برود: «او» گیاه را رها نمی‌کند. در عوض، «آرنجِ» «بازوی» ارکیده به سمت بالا خم می‌شود، نر را جابه‌جا می‌کند و او را محکم و مکرر را به «گرده‌انبوه» می‌کوبد (ارکیده‌ها گرده‌های خود را در دسته‌های مجزایی به نام گرده‌انبوه نگه می‌دارند). پس از چند ضربه، گرده‌انبوه شل شده و به پشت زنبور نر می‌چسبد. در نهایت او از تلاش

بـرای جـدا کـردن «مـاده» منصـرف شـده و پـرواز می‌کنـد تـا شانسـش را بـا یکـی دیگـر امتحـان کنـد (آن‌هـا کـی قـرار اسـت یـاد بگیرنـد؟). نمایـش تکـرار می‌شـود. دوبـاره نـر به‌طـور مکـرر بـه جلـو و عقـب کوبیـده می‌شـود و ایـن بـار گرده‌انبـوه از پشـتش جـدا می‌شـود و بـه کلالـه‌ی ارکیـده‌ی دوم می‌چسـبد. گـرده افشـانی انجـام شـد ولـی زنبـور بـرای زحمت‌هایـش چیـزی به‌جـز مشـقت به‌دسـت نیـاورد.



ارکیده‌ی چکشی، سندان آن مملو از گرده است

دستگاهی تقریبا باورنکردنی استادانه برای اطمینان از اینکه گرده به درستی تحویل داده می‌شود. زنبور نر «فکر می‌کند» ماده‌ی خوبی پیدا کرده است، سعی می‌کند او را در آغوش کشیده و با او پرواز کند و مکررا به گرده کوبیده می‌شود.

در انتهای طیف نوش‌دارو هم «ارکیده‌ی سطلی Coryanthes» قرار دارد که در آمریکای جنوبی و مرکزی یافت می‌شود و ممکن است در بین گل‌ها پیچیده‌ترین باشد. این گل با فرگشت هم‌گرا، رابطه‌ی بسیار صمیمانه‌ای با گروه خاصی از زنبورهای کوچک و سبز براق، به نام

زنبورهـای ارکیـده ایجـاد کـرده اسـت. زنبورهـای ارکیـده‌ی نـر از فرومـون - عطـر جنسـی بسـیار خـاص، رایحـه‌ی برانگیزنـده‌ی میـل جنسـی - بـرای جـذب ماده‌هـا اسـتفاده می‌کننـد. امـا آن‌هـا نمی‌تواننـد فرومـون را بـدون کمـک بسـازند. در عـوض، ارکیده‌هـا بـرای آن‌هـا مـوادی بـه شـکل یـک مـاده مومـی درسـت می‌کننـد که زنبورهـا در جیب‌هـای اسـفنجی پاهـای خـود ذخیـره می‌کننـد تـا بعـدا بـرای جـذب ماده‌هـا از آن اسـتفاده کننـد. هنـگام بازدیـد از یـک ارکیـده بـرای جمع‌آوری مـواد مومـی بـرای سـاختن مـاده‌ی برانگیزنـده‌ی میـل جنسـی، زنبـور بـه احتمـال بـالا در «سـطل» گل می‌افتـد کـه حـاوی مایـع اسـت. او در تـلاش بـرای خـارج شـدن از سـطل شـنا می‌کنـد و متوجـه می‌شـود کـه تنهـا راه خـروج از طریـق تونلـی باریـک اسـت. همان‌طـور کـه او از درون تونـل بـرای خـروج تقـلا می‌کنـد، دو گرده‌انبـوه بـه پشـت او می‌چسـبند. در نهایـت او خـارج می‌شـود، پـرواز

می‌کنـد و گرده‌انبـوه را حمـل می‌کنـد. بزرگ‌تـر اما نـه عاقل‌تـر، وارد گل دیگـری می‌شـود و دوبـاره در سطل می‌افتـد و دوبـاره از تونـل خـارج می‌شـود. ایـن بـار تقـلا کـردن، گرده‌انبـوه را از پشـت حشـره جـدا کـرده و گل دوم را بـارور می‌کنـد.

ایـن سـوال جالبـی اسـت کـه چگونـه ایـن ترتیـب – گیـاه سـازنده یکـی از اجـزای اصلـی فرومـون بـرای زنبـور عسـل – فرگشـت یافتـه اسـت؟ مـن حـدس می‌زنـم کـه در اصـل اجـداد زنبورهـا فرومـون خـود را می‌سـاختند و گیـاه بـه تدریـج ایـن نقـش را گام بـه گام بـر عهـده گرفـت.

امـا نامـزد مـورد علاقـه مـن بـرای نـوش‌داروی نهایـی، رابطـه‌ی صمیمانـه بیـن انجیـر و زنبـور انجیـر اسـت. مـن یـک فصـل کامـل از کتـاب

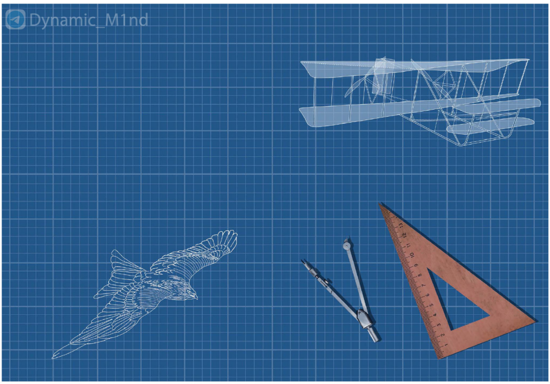
دیگـرم، «صعـود بـه کـوه غیرممکـن» را بـه ایـن اختصـاص داده‌ام. در اینجـا خیلـی سـاده بیـان می‌کنـم کـه بیـش از ۹۰۰ گونـه‌ی انجیـر وجـود دارد و تقریبـا هـر یـک از آن‌هـا گونـه‌ی خصوصـی زنبـور انجیـر خـود را دارد کـه منحصـرا آن را گـرده افشـانی می‌کنـد. نـوش‌دارو بـرای همـه موجـود اسـت!

پـس گیاهـان از بال‌هـا بـرای پخـش دی‌ان‌ای خـود اسـتفاده می‌کننـد همان‌طـور کـه صاحبـان بال‌هـا از آن‌هـا بـرای انتشـار دی‌ان‌ای خـود اسـتفاده می‌کننـد. امـا بال‌هـای گیـاه، بال‌هایـی قرضـی هسـتند کـه از حشـرات، پرنـدگان یـا خفاش‌هـا قـرض گرفتـه شـده (یـا اجیـر شـده‌اند). اگـر برایتـان سـوال اسـت کـه آیـا تـا به‌حـال گل‌هـای گرده‌افشـانی شـده بـا پتروسـور وجـود داشـته‌اند یـا نـه، بـرای مـن هـم سـوال اسـت. بعیـد نیسـت، زیـرا گیاهـان گل‌دار در دوره‌ی کرتاسـه فرگشـت یافتنـد؛ زمانـی کـه هنـوز پتروسـورهای زیـادی وجـود داشـتند.

به‌طور دقیق اگر بخواهیم بگوییم، قارچ‌ها گیاه نیستند. آن‌ها چیز خودشان هستند. در واقع عموزاده‌های نزدیک‌تری به حیوانات هستند تا گیاهان. اما آن‌ها مانند حیوانات حرکت نمی‌کنند بنابراین راحت است که آن‌ها را به‌عنوان گیاه تصور کنیم. از آنجا که آن‌ها مانند گیاهان حرکت نمی‌کنند، گاهی اوقات قرض گرفتن بال حشرات را ترجیح می‌دهند. آن‌ها نه دانه دارند و نه گرده بلکه هاگ‌هایشان را پخش می‌کنند. قارچ‌هایی وجود دارند که در تاریکی به رنگ سبز شبح‌مانندی می‌درخشند. نور حشرات را جذب می‌کند که احتمالا با پراکنده کردن هاگ قارچ برای قارچ مفید است.

فصل ۱۳

تفاوت بین دستگاه‌های فرگشت یافته و طراحی شده





برگشت به تخته‌ی رسم

اتفاقا، جان مینارد اسمیت، فرگشت‌شناس بزرگ، در جوانی قبل از اینکه تصمیم بگیرد به دانشگاه برود و در رشته‌ی جدید زیست‌شناسی بخواند، یک طراح هواپیما بود.

فصل ۱۳

تفاوت بین دستگاه‌های پرنده‌ی فرگشت یافته و طراحی شده

این کتاب حدود نیم دوجین روش (بسته به نحوه‌ی شمارش‌تان) برای بلند شدن از زمین و بالا ماندن را توضیح داده است – سرپیچی از چاذبه. در هر فصل، در صورت امکان ماشین‌های پرنده طراحی شده توسط انسان را با پرنده‌های حیوانی مقایسه کرده‌ام. اما روند آن‌ها برای خوب «شدن» در بلند شدن از زمین کاملا متفاوت است. حیوانات طی میلیون‌ها سال و با بهبود تدریجی و بهتر شدن با گذشت نسل‌ها آهسته تبدیل به ماشین‌های پرنده

شده‌اند. انسان‌ها ماشین‌های پرنده‌ی بهتر و بهتری را از طریق طراحی‌های متوالی بر روی تخته‌های طراحی ساخته‌اند که این پیشرفت‌ها به جای میلیون‌ها سال در مقیاس زمانی سال‌ها و دهه‌ها اتفاق افتاده است. نتایج نهایی اغلب مشابه هستند (این تعجب‌آور نیست زیرا مسائلی که باید حل شوند یکسان هستند - همان فیزیک). آن‌ها به قدری شبیه هستند که ممکن است این تصور نادرست را به وجود آورده باشم که آن‌ها به یک شکل پدید می‌آیند. وقت آن است که این اشتباه را اصلاح کنیم.


مارپیچ دوتایی دی‌ان‌ای

وقتی با مسئله‌ای مانند نحوه‌ی جلوگیری از توقف ناگهانی در ماشین پرنده مواجه می‌شویم فکر کردن درباره‌ی آن راحت است؛ «چگونه می‌توانم مسئله را حل کنم؟» در مورد هواپیماهای ساخت بشر، مهندسان طراح در واقع همین‌گونه فکر می‌کنند. متوجه مشکلی می‌شوند و راه‌حل‌های ممکن برای آن را تصور

می‌کننـد، ماننـد هـوازه بـال. آن‌هـا ایده‌هـا را در تخته‌هـای طراحـی ترسـیم می‌کننـد یـا شـاید درجلسـات بـارش فکـری بـا یـک تختـه سـفید یـا یـک کامپیوتـر بـا نرم‌افـزار گرافیکـی دور هـم جمـع می‌شـوند. شـاید نمونه‌هـای اولیـه یـا مدل‌هـای مقیاسـی بسـازند کـه در یـک تونـل بـاد آزمایـش شـود. راه‌حـل حاصـل شـده در نهایـت وارد چرخـه‌ی تولیـد می‌شـود. کل فراینـد تحقیـق و توسـعه تنهـا چنـد سـال یـا حتـی کمتـر طـول می‌کشـد.

در حیوانـات ایـن رونـد متفـاوت و بسـیار کندتـر اسـت. تحقیـق و توسـعه، اگـر بتـوان آن را چنیـن نامیـد، نسـل‌های زیـادی طـول می‌کشـد و در طـول میلیون‌هـا سـال انجـام می‌شـود. هیـچ فکـری، هیـچ ایـده‌ی هوشـمندانه‌ای، هیـچ نبـوغ آگاهانـه‌ای، هیـچ اختـراع خلاقانـه‌ای وجـود نـدارد. بـدون هیـچ تابلـوی طراحـی‌ای و هیـچ بـارش فکـری مهندسـی‌ای، هیـچ تونـل بـادی هـم بـرای آزمایـش نمونه‌هـای اولیـه یـا مدل‌هـای کوچـک وجـود

ندارد. تنها اتفاقی که می‌افتد این است که برخی از افراد در جمعیت، با خوش‌شانسی تصادفی ژنتیکی (جهش و به‌هم ریختگی ژن‌ها) مثلا در پرواز، کمی بهتر از حد متوسط می‌شوند. شاید یک ژن جهش‌یافته به یک شاهین در سرعت کمی امتیاز بدهد. شاهین‌های منفرد دارای این ژن اندکی بیشتر احتمال دارد طعمه را بگیرند. شاید یک سار جهش‌یافته کمی بیشتر از رقبای دسته قابل مانور باشد که همین تفاوت بین فرار از یک شکارچی و خورده شدن را ایجاد می‌کند. وقتی یک سار به دلیل «ژن پرواز کُند» خورده می‌شود، این ژن هم خورده می‌شود و به نسل بعدی منتقل نمی‌شود. یا ژنتیک دیگری ممکن است به دلیل داشتن تفاوت ظریفی در شکل بال کمی کمتر از سایرین احتمال توقف ناگهانی داشته باشد. بنابراین احتمال زنده ماندن و در نتیجه تولیدمثلش کمی بیشتر است و ژن‌هایی را

منتقل می‌کند که دارندگان‌شان را کمی بهتر از همتایان خود کرده است. آهسته آهسته، به تدریج، نسل به نسل، ژن‌های خوش‌پرواز در جمعیت بیشتر می‌شوند و تعداد ژن‌های بدپرواز کمتر می‌شود. زیرا حیواناتی که این ژن‌ها را دارند احتمال مردن یا تولیدمثل نکردن‌شان کمی بیشتر است.

همین موضوع همیشه در ژن‌های مختلف جمعیت وجود دارد که هر کدام به روشی بر پرواز تأثیر می‌گذارند. بنابراین پس از چندین نسل، پس از میلیون‌ها سال انباشته شدن ژن‌های پرواز خوب در جمعیت، چه می‌بینیم؟ جمعیتی از پرنده‌های بسیار خوب را می‌بینیم که در تمام جزئیات ظریف از جمله: دستگاه‌های ضد توقف ناگهانی، کنترل عصبی دقیق ماهیچه‌هایی که شکل بال‌ها را با تمام جزئیات کوچک در پیچانه‌های بادی و جریانات عمودی تنظیم می‌کند؛ عضلات کارآمدتر بال

که کمی کمتر خسته می‌شوند. بال‌ها و دم‌ها طوری فرگشت یافته‌اند که دقیقا در تمام جزئیات به شکل و اندازه‌ی مناسبی تبدیل شده‌اند، درست مثل این که یک انسان مهندس آن طرح را روی یک تخته طراحی کامل کرده و آن را در یک تونل باد آزمایش کرده باشد.

محصولات نهایی طراحی انسان و طراحی فرگشتی هر دو به قدری خوب هستند، هر دو آنقدر خوب پرواز می‌کنند که ما راحت فراموش می‌کنیم که این دو فرایند بهبود چقدر متفاوت هستند. این فراموشی در زبانی که استفاده می‌کنیم خود را نشان می‌دهد. در این کتاب متوجه شدید که من از نوعی زبان مختصر استفاده کرده‌ام. طوری نوشته‌ام که انگار پرندگان و خفاش‌ها، پتروسورها و حشرات به دنبال حل مشکلات پرواز به روشی مشابه مهندسان بشر هستند: انگار که پرندگان خودشان مشکلات را حل می‌کنند نه انتخاب

طبیعی داروینی. مختصرنویسی تا حدی به این دلیل راحت است که واقعا کوتاه است: کلمات کمتری برای توضیح نحوه‌ی کارکرد انتخاب طبیعی نیاز دارد. اما راحت هم هست چون ما انسان هستیم و به‌عنوان انسان می‌دانیم که مواجه شدن با یک مسئله و تصور راه‌حل‌هایی برای حل مسئله چگونه است.

گفتن اینکه شباهت‌های زیادی بین فرگشت و طراحی انسان وجود دارد گمراه کننده است. ممکن است فکر کنیم که ایده‌های جدید مهندسان، مثلا برای یک دستگاه ضد توقف، بیشتر شبیه به جهش هستند. سپس این «جهش‌های ایده» در معرض چیزی مانند انتخاب طبیعی قرار می‌گیرند. یک ایده ممکن است زمانی که مخترع به سرعت متوجه شود که کار نخواهد کرد بلافاصله بمیرد یا شاید به‌عنوان یک نمونه‌ی اولیه در آزمایش اولیه، یا شاید در یک شبیه‌سازی کامپیوتری

یا تونل باد شکست بخورد و رد شود. شکست در تونل باد نسبتا بی‌ضرر است: هیچ کس نمی‌میرد. انتخاب طبیعی پروازهای حیوانات بی‌رحمانه‌تر است: شکست مساوی با مرگ است. یک برخورد لزوما مرگبار نیست اما شاید طراحی معیوب باعث کندتر شدن فرار از دست شکارچی شود و مرگبار باشد. یا مهارت کمتری در گرفتن طعمه هنگام پرواز که احتمال گرسنگی را افزایش می‌دهد. فرگشت برای مرگ جایگزین ملایمی مانند آزمایش در تونل باد ندارد. شکست واقعا به معنای شکست است: مرگ یا حداقل شکست در تولید مثل.

درواقع، با دوباره اندیشیدن تازه به یاد آوردم که پرندگان کوچک گونه‌های مختلف را می‌توان در حال تمرین پرواز دید – ما می‌توانیم آن را نوعی بازی بدانیم – قبل از اینکه سرانجام به‌طور جدی در هوا به پرواز درآیند. شاید این در پرندگان معادل آزمایشات تونل باد باشد:

آزمون و خطای غیر کشنده، نه تنها تقویت عضلات بال بلکه احتمالا هماهنگی و مهارت پرنده‌ی کوچک را بهبود می‌بخشد. پرندگان کوچک بسیاری از گونه‌ها را می‌توان در حال انجام کاری مشاهده کرد که به‌نظر می‌رسد تمرین کردن باشد: درحالیکه بال می‌زنند و با بی‌قراری بالا و پایین می‌پرند. بدون شک آن‌ها عضلات پرواز را تمرین می‌دهند و احتمالا همزمان مهارت‌های پروازی‌شان را تقویت می کنند.

تفاوت دیگری بین طراحی فرگشتی و مهندسی وجود دارد (خب، ممکن است جنبه دیگری از همان تفاوت باشد، ببین چه فکر می‌کنی). هنگامی که مهندسان به طراحی جدیدی فکر می‌کنند، می‌توانند با یک تخته طراحی تمیز از نو شروع کنند. سر فرانک ویتل (یکی از افرادی که اختراع موتور جت به آن‌ها نسبت داده شده است) مجبور نبود موتور ملخی

موجـود را برداشـته و آن را در مراحـل کوچـک، پیـچ بـه پیـچ و پـرچ بـه پـرچ تغییـر دهـد. تصـور کنیـد اگـر ویتـل مجبـور می‌شـد یـک موتـور ملخـی را گام بـه گام و تدریجـی اصـلاح کنـد، اولیـن موتـور جـت چـه آشـفته بـازاری می‌شـد. امـا نـه، او از نـو بـا یـک ایـده‌ی کامـلا جدیـد و یـک برگـه‌ی خالـی روی تختـه‌ی طراحـی، کار خـود را شـروع کـرد. فرگشـت اینطـور کار نمی‌کنـد. فرگشـت محکـوم بـه اصـلاح گام بـه گام طرح‌هـای قبلـی اسـت و تغییـر در طـول مسـیر بایـد حداقـل بـه انـدازه‌ی کافـی بـرای تولیدمثـل بقـا پیـدا کنـد.



کار نیکو کردن از پر کردن است

والدین جغد برفی (مادر بزرگتر از پدر است) در حال تماشای فرزندشان حین تمرین پرواز هستند.

از سوی دیگر، منطقی نیست که فرگشت همیشه با اندام قبلی که اتفاقا هدف یکسانی هم داشته، درهم آمیزد. با توجه به تشبیه ما معادل فرگشتی فرانک ویتل ممکن است محکوم به اصلاح گام به گام موتور ملخ نباشد. او می‌تواند قسمت دیگری از هواپیمای موجود را اصلاح کند، مثلا ایجاد یک برآمدگی در بال.

اما فرگشت نمی‌تواند با یک تخته‌ی طراحی کاملا تمیز مانند یک مهندس انسانی به نقطه اول طراحی برگردد. باید از بخشی از یک حیوان موجود و در حال تنفس شروع شود و تمام مراحل میانی بعدی باید حیواناتی زنده و در حال تنفس باشند که حداقل به اندازه‌ی کافی برای تولیدمثل زنده بمانند. برای مثال، به زودی خواهیم دید که بال‌های حشرات ممکن است به‌جای بال‌های ابتدایی به‌عنوان پنل‌های خورشیدی اصلاح‌شده برای حمام آفتاب گرفتن شروع به کارکرده باشند.

موتورجت

دو مکتب فکری در مورد چگونگی ایجاد نوآوری در فناوری بشر وجود دارد. این مرا به یاد دو مکتب فکری در نظریه‌ی فرگشت مدرن می‌اندازد. در نوآوری انسانی «نظریه‌ی نابغه تنها» وجود دارد و نظریه‌ی دوم نظریه‌ی «فرگشت تدریجی» است که دوست من مت ریدلی در کتابش «چگونه نوآوری کار می‌کند» آن را ترجیح داده است. در مورد نظریه‌ی نابغه تنها، هیچ‌کس کمترین تصوری از نیروی محرکه‌ی جت نداشت تا اینکه سر فرانک ویتل به روی صحنه آمد. اما آیا قبل‌تر یادت هست که گفتم او یکی از افرادی است که به این اختراع نسبت داده شده است؟ ویتل این ایده را در

سال ۱۹۳۰ ثبت اختراع کرد و برای اولین بار در سال ۱۹۳۷ یک موتور روشن (نه در هواپیما) را ساخت. مهندس آلمانی هانس فون اوهاین در سال ۱۹۳۶ یک حق اختراع به ثبت رساند و اولین هواپیمای جتی که واقعا پرواز کرد «Heinkel He ۱۷۸» موتور اوهاین را در خود داشت. این در سال ۱۹۳۹ بود، دو سال قبل از آن که یک هواپیمای «Gloster E ۳۹/۳۸» با موتور ویتل به پرواز درآید. هنگامی که آن‌ها پس از جنگ ملاقات کردند اوهاین به ویتل گفت: «اگر دولت شما زودتر از شما حمایت می‌کرد نبرد بریتانیا هرگز اتفاق نمی‌افتاد.» مشخص نیست که آیا اوهاین حق ثبت اختراع ویتل را دیده بود یا خیر. یک حق اختراع هم در سال ۱۹۲۱ توسط یک مهندس فرانسوی به نام ماکسیم گیوم وجود داشت (که ویتل از آن اطلاعی نداشت). اما نکته‌ای که می‌خواهم به آن اشاره کنم این است که نه ویتل، نه اوهاین،

و نـه حتـی گیـوم، ابتـدا بـه آن فکـر نکردنـد. تئـوری نابغـه تنهـا اشـتباه اسـت. تاریخچـه‌ای طولانـی از اختراعـات کـم و بیـش شـبیه بـه موتـور جـت وجود دارد. در چیـن قـرن دهـم از راکـت به‌عنـوان سـلاح اسـتفاده می‌شـد. در امپراتـوری عثمانـی در سـال ۱۶۳۳ حتـی یـک موشـک توسـط فـردی بـرای پـرواز خیلـی کوتاهـی اسـتفاده شـد. گـزارش شـده اسـت کـه لَـگاری حسـن چلبـی بـه یـک موشـک «۷ بـال» بـا بـاروت چسـبیده بـود و خـود را از کاخ توپکاپـی بـر فـراز تنگـه‌ی بسـفر شـلیک کـرد. در مقطعـی از پـرواز او از موشـک خـود را جـدا کـرد، بـه دریـا افتـاد، تـا سـاحل شـنا کـرد و از سـلطان بـه خاطـر شـاهکار متهورانـه‌اش طـلا جایـزه گرفـت.

ریدلـی مثال‌هـای را مـی‌آورد - موتـور بخـار، توربیـن، واکسیناسـیون، آنتی‌بیوتیک‌هـا، توالـت فـلاش، لامـپ بـرق، کامپیوتـر - کـه هـر کـدام نادرسـتی تئـوری نابغـه تنهـا را اثبـات می‌کننـد. اگـر از آمریکایی‌هـا بپرسـید کـه چـه کسـی لامـپ را

اختـراع کـرده اسـت، مـی‌گوینـد تومـاس ادیسـون. مـردم بریتانیـا ممکـن اسـت بگوینـد جوزف سـوان بـود. درواقـع ریدلـی اشـاره مـی‌کنـد کـه حداقـل بیسـت و یـک نفـر از کشـورهای مختلـف مـی‌تواننـد ادعـا کننـد کـه لامـپ را اختـراع کرده‌انـد. ادیسـون بـرای توسـعه پرزحمـت محصولـی کـه واقعـا می‌توانیـد بفروشـید، شایسـته ایـن اعتبـار اسـت. امـا لامـپ بـه جـای اینکـه توسـط هـر نابغـه‌ای اختـراع شـود، «فرگشـت یافـت» - البتـه نـه از نظـر ژنتیکـی. امـا از ذهنـی بـه ذهـن دیگـر، بـه تدریـج و بـا زحمـت گام بـه گام بی‌نقـص شـد و البتـه کـه فرگشـت متوقـف نشـده اسـت و در طـول سـال‌ها بهبـود یافتـه اسـت. مـا اکنـون لامپ‌هـای ال‌ای‌دی داریـم کـه از هـر نظـر برتـر از لامپ‌هـای زمـان ادیسـون هسـتند. فنـاوری گام بـه گام فرگشـت می‌یابـد: شـاید در هیـچ زمینـه‌ای بـه انـدازه‌ی کامپیوترهـای دیجیتالـی ایـن فرگشـت اینقـدر سـریع نباشـد کـه مـدل بهتـر (و ارزان‌تـر) سـال

آینـــده تقریبـــا قبـــل از اینکـــه مـــدل امســـال جـــا بیفتـــد، عرضـــه می‌شـــود.



لامپ

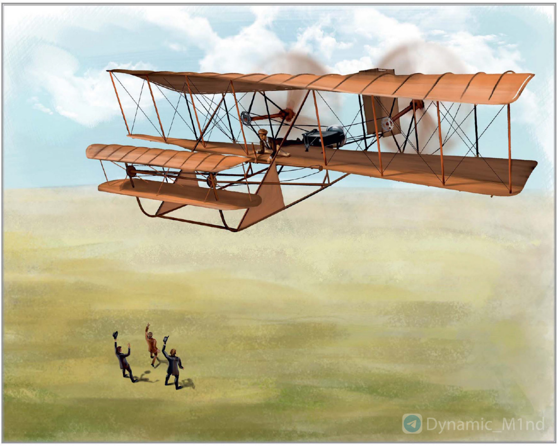
چه کسی هواپیما را اختراع کرد؟ برادران رایت. خب، بله آن‌ها ممکن است اولین کسانی باشند که با استفاده از نیروی رانش، یک خلبان انسان را به هوا بردند. اما گلایدرها خیلی قبل‌تر این کار را کرده‌اند. برادران رایت در مورد گلایدرها چیزهای زیادی می‌دانستند زیرا آن‌ها را آزمایش کرده بودند. می توان

گفت که آن‌ها یک گلایدر را برداشتند، به مدت طولانی‌ای با آن کار کردند، سپس یک ملخ و یک موتور احتراق داخلی به آن اضافه کردند و با آن پرواز کردند. اما این روایت خلاصه حجم زیادی از سرهم‌بندی‌های تخصصی و صبورانه را در خود پنهان می‌کند. آن‌ها یک تونل باد ساختند و این باید به‌طور قابل توجهی به آن‌ها در تکمیل جزئیات کمک کرده باشد. اولین پرواز اورویل رایت در ۱۷ دسامبر ۱۹۰۳ تنها ۱۲ ثانیه به طول انجامید و او توانست تنها ۳۷ متر را با سرعت ۱۰.۹۴ کیلومتر در ساعت طی کند. ذکر این برای گرفتن افتخار از او و برادرش نیست - این یک دستاورد فوق‌العاده بود (و آن‌ها در آن زمان به اندازه‌ی کافی توسط افراد بدبین که باور نمی‌کردند این کار را انجام داده‌اند نادیده گرفته شدند). اما نظریه‌ی نابغه تنها با این مورد سازگار نیست. هواپیماها به تدریج فرگشت یافتند و ریشه در گلایدرها داشتند و

با هواپیماهای دوباله‌ی اولیه تا هواپیماهای شیک، سریع و برازنده‌ی امروزی ادامه یافتند.

من از شاهین و سار جهش‌یافته‌ای صحبت کردم که بهتر زنده می‌ماندند زیرا پروازکنندگان بهتری بودند. اما این نشان می‌دهد که بهبود باید منتظر می‌ماند تا جهش درست ظاهر شود: کمی شبیه انتظار برای ظهور «نابغه تنهایی» مناسب. اما در فرگشت همه چیز اینگونه اتفاق نمی‌افتد - همان‌طور که نوآوری‌های انسانی معمولا منتظر یک نابغه تنها نمی‌مانند. درست است که جهش منبع اصلی «ایده‌های» جدید در فرگشت است اما تولیدمثل جنسی آن‌ها را به همراه ژن‌های دیگر در ترکیبات جدید و بسیار متفاوتی که برای انتخاب طبیعی ارائه می‌شوند، بازآرایی می‌کند. ژن‌ها مانند ایده‌های مهندسان، قبل از آزمایش با هم مخلوط شده و دوباره ترکیب می‌شوند. این به سادگی منتظر ماندن برای

یـک جهـش هوشـمند (یـا یـک نابغـه تنهـا) نیسـت.

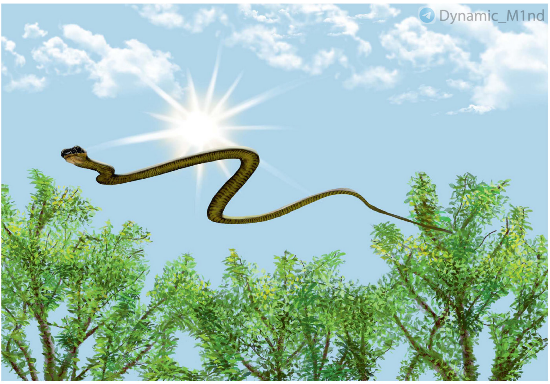


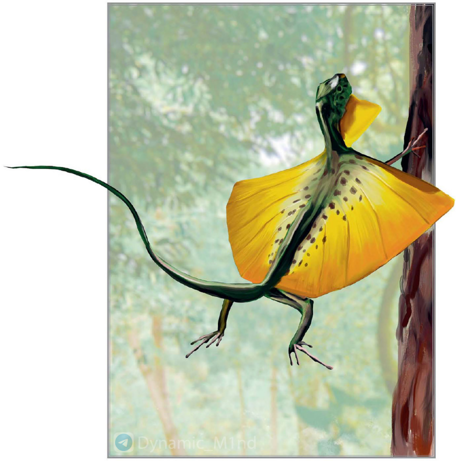
برادران رایت

اولین پرواز نیرودار. به «بال چرخنده» توجه کنید، که روش مبتکرانه‌ی رایت‌ها برای کنترل سطوح پروازی‌شان بود. این نوع بال در هواپیماهای مدرن استفاده نمی‌شود اما می‌توان گفت پرندگان از نوعی از آن استفاده می‌کنند.

فصل ۱۴

بال ناقص چه کاربردی دارد؟





اژدهای پرنده‌ی جنگل

اسکلت مهره‌داران راه‌های زیادی برای محکم کردن سطح بال بازروی (سر خوردن) ارائه می‌دهد. «مارمولک پرنده» دنده‌های خود را در یک غشای پوستی پخش می‌کند. این یکی در حال فرود دقیق در پایین تنه‌ی درختی در دوردست است.

فصل ۱۴

بال ناقص چه کاربردی دارد؟

هنوز هم هستند عده‌ای که با وجود شواهد فراوان در تائید فرگشت، اعتقادی به آن ندارند. آن‌ها می‌خواهند باور کنند که بال‌های پرنده و خفاش، مانند بال‌های هواپیما، حاصل طراحی خلاقانه‌ی حساب شده‌ای توسط نوعی مهندس ارشد ماوراء طبیعی است. به آن‌ها خلقت‌گرا می‌گویند. آن‌ها را در دانشگاه‌های درخور پیدا نخواهید کرد. اما بسیاری از آن‌ها در محافل کمتر تحصیل‌کردگان یافت می‌شوند.

یکی از استدلال‌های مورد علاقه‌ی خلقت‌گرایان دقیقا بر روی نکته‌ای که در فصل قبل به آن اشاره کردم تمرکز می‌کند: فرگشت

باید به جای رفتن مستقیم به‌سمت بهترین راه‌حل مشکل، به‌تدریج با تغییر گام‌به‌گام، با سرهم‌بندی آنچه در حال حاضر وجود دارد، کار کند. درباره‌ی بال‌ها، طوری که خلقت‌گرایان دوست دارند آن را زیر سوال ببرند، موضوع این فصل است: «بال ناقص چه کاربردی دارد؟» بله، آن‌ها می‌گویند یک بال تمام عیار خیلی هم خوب است. اما یک حیوان بال‌دار باید از یک حیوان بدون بال فرگشت یابد. چرا مراحل میانی: یک‌دهم بال، یک‌چهارم بال، یک نیمه‌بال یا سه‌چهارم بال خوب هستند؟ آیا نیایی که بال ناقص دارد اگر نه به‌طور مرگبار، حداقل احمقانه به زمین برخورد نمی‌کند؟ در فرگشت هر پله از نردبان به‌سمت بال مناسب باید بهتر از پله قبلی باشد. بهبود تدریجی باید وجود داشته باشد. تمام حیوانات میانی با بال‌های جزئی باید زنده می‌ماندند و بهتر از رقبای با بال‌های جزئی کمی کوچکتر

بقا می‌یافتند. یقینا خلقت‌گرایان می‌گویند واسطه‌ها شکست خواهند خورد. مطمئنا پیشرفت تدریجی وجود ندارد. «بال ناقص چه کاربردی دارد»؟

دانشمندان چگونه به این چالش پاسخ می‌دهند؟ در واقع خیلی ساده این کار را انجام می‌دهند. به فصل فرود با چتر نجات و بال‌بازروی فکر کن. سنجاب‌های پرنده و هم‌سنگ‌های کیسه‌دار استرالیایی‌شان، پره‌کیسه‌دارهای پرنده را به یاد بیاور. حتما پوست‌گستر را یادت هست که چتر پوستی‌اش بین چهار دست و پا و دمش کشیده شده است. جنگل‌های جهان به ویژه در جنوب شرق آسیا، چتربازهای زیباتری مانند آن را در خود جای داده‌اند. مارمولک‌های پرنده یا «اژدهاها»ی پرنده (نام لاتین Draco، در واقع به معنای اژدهاست) پوستی مانند سنجاب پرنده دارند. اما پوست‌شان تا اندام‌های

کشیده‌شان، گسترده نشده است. در عوض، دنده‌ها به سمت بیرون باز می‌شوند تا از یک بال ظریف پوستی در هر طرف‌شان حمایت کنند. نکته‌ای که در مورد بهره‌برداری فرگشت از آنچه که در حال حاضر وجود دارد به‌جای شروع با یک تخته‌ی طراحی تمیز را به خاطر داری؟ همین جنگل‌ها محل زندگی مارهای «پرنده» هستند. آن‌ها هیچ بال آشکاری بین دنده‌های خود ندارند (و مانند همه‌ی مارها دست و پا هم ندارند). اما دنده‌ها به اندازه‌ای به سمت بیرون فشار می‌آورند که کل بدن را صاف می‌کنند، با مقداری انحنای مقطع مانند بال هواپیما که به اندازه‌ی کافی اثر چتر نجات را شاید با کمک اصل برنولی فراهم می‌کند. آن‌ها می‌توانند ۳۰ متر از درختی به درخت دیگر سر بخورند. آن‌ها هم به آرامی اما به روشی کنترل شده در تمام مدت در حال پایین آمدن هستند. به نظر می‌رسد که در هوا شنا

می‌کننــد و از همــان حرکــت موجــی اســتفاده می‌کننــد کــه مارهــا بــر روی زمیــن یــا در آب از آن اســتفاده می‌کننــد. مثــال بعــدی قورباغه‌هــای ســرخورنده‌ی همــان جنگل‌هــا هســتند. غشــای آن‌هــا نــه بیــن اندام‌هــا یــا دنده‌هــا، بلکــه بیــن انگشــتان بــاز هــر چهــار پای‌شــان کشــیده شــده اســت. هیــچ یــک از آن چتربازهــا نمی‌تواننــد ماننــد یــک پرنــده یــا خفــاش بــه درســتی پــرواز کننــد. ســطوح پــروازی آن‌هــا بال‌هــای کامــلا فرگشــت یافتــه نیســتند و بیشــتر شــبیه بــه چتــر نجات‌انــد و باعــث طولانی‌تــر شــدن ســقوط می‌شــوند. چگونــه ممکــن اســت آن‌هــا فرگشــت یافتــه باشــند؟



قرباغه‌ی پرنده

«قورباغه‌ی پرنده» انگشتان دست و پاهای خود را باز می‌کند و پرده‌های بین انگشتانش هوا را به دام می‌اندازند

همه آن حیوانات چترباز در جنگل‌ها زندگی می‌کنند، در بالای سایه‌بان جایی که خورشید به برگ‌هایی می‌تابد که کل جامعه‌ی جنگل را تغذیه می‌کند. سنجاب‌ها در آن چمنزارهای مرتفع هوایی می‌چرخند و گه‌گاه از این شاخه به آن شاخه می‌پرند. دم سنجاب کاربردهای مختلفی دارد. آن‌ها آن را به‌عنوان سیگنالی برای سنجاب‌های دیگر تکان می‌دهند یا هنگام دویدن و پریدن روی درختان به تعادل آن‌ها

کمک می‌کند. با توجه به آنچه من می‌دانم آن‌ها حتی ممکن است از دم خود به‌عنوان چتری در باران استفاده کنند و آفتاب‌گیری برای سنجاب‌های صحرایی باشد. اما همان‌طور که در فصل ۶ هم دیدیم، سطح پرپشت آن هوا را جذب می‌کند و به آن‌ها کمک می‌کند تا کمی بیشتر از آنچه که بدون آن می‌توانستند پرش کنند.

چرا باید این مهم باشد؟ اگر سنجاب به شاخه‌ای که می‌خواهد نتواند برسد ممکن است سقوط کرده و به شدت آسیب ببیند. باید یک فاصله‌ی بحرانی وجود داشته باشد که سنجاب می‌تواند بدون دم آن را بپرد. این فاصله هرچقدر که باشد یک دم کمی پرپشت، سنجاب را قادر می‌سازد تا کمی جلوتر بپرد. «کمی» چقدر است؟ حتی اگر فقط چند سانتی‌متر باشد به آن‌هایی که دم کمی پرپشت‌تر دارند کمی برتری می‌دهد. سپس

جایی در بالای سایبان، فاصله‌ی بحرانی دیگری بین شاخه‌ها وجود خواهد داشت که یک سنجاب با دم پرپشت‌تر می‌تواند به آن برسد و... . جنگل طیف کاملی از فواصل بین شاخه‌ها را در خود دارد. بنابراین هر چقدر هم که یک سنجاب بتواند با دم فعلی‌اش بپرد، جایی در بالای درختان همیشه فاصله‌ای بین شاخه‌ها خواهد بود که اگر فقط دمش کمی پرپشت‌تر یا بلندتر می‌بود، می‌توانست آن را طی کند. سنجابی از نسل بعدی که دم‌اش کمی بهبود یافته است احتمال سقوط‌اش پایین‌تر است و احتمال بالاتری برای زنده ماندن و انتقال ژن‌هایی برای ایجاد دم بهبود یافته دارد.

از فصل ۶ می‌دانیم که این استدلال به کجا ختم می‌شود. نکته این است که داشتن دم پرپشت یک ویژگی «همه یا هیچ» نیست. برای هر اندازه و هر درجه‌ای از پرپشتی باید یک فاصله‌ی پرشی وجود داشته باشد که دور از

دسترس است: شکافی بین شاخه‌ها که فقط اگر دم کمی بزرگ‌تر یا پرپشت‌تر بود می‌شد پرید. بنابراین ما یک شیب هموار بهبود داریم. چیزی که برای استدلال فرگشتی خود به آن نیاز داریم.

یک دم پرپشت با یک جفت بال یکی نیست. حتی یک چتر نجات مانند یک سنجاب پرنده یا پوست‌گستر هم نیست. اما به راحتی می‌توان پیش بردن ادامه‌ی بحث را دید. هر سنجابی ممکن است پوست کمی شُلی در زیر بغل خود داشته باشد. این پوست شل، مساحت سطح سنجاب را کمی افزایش می‌دهد بدون اینکه به وزن آن اضافه کند. این بال زدن پوستی مانند دم پرپشت عمل می‌کند اما به‌طور موثرتری فاصله‌ای که سنجاب می‌تواند بدون افتادن بپرد را افزایش می‌دهد. جنگل دامنه‌ی پیوسته‌ای از فواصل بین شاخه‌ها را در خود دارد. از هر شکافی که

یـک سـنجاب خـاص می‌توانـد بپـرد، شـکاف‌های کمـی طولانی‌تـری خواهـد بـود کـه سـنجاب دیگـری می‌توانـد بپـرد زیـرا سطح پوسـت‌اش کمـی بزرگتـر اسـت. بنابرایـن مـا شـروع شـیب همـوار دیگـری از بهبـود را داریـم. چیـزی کـه بـرای اسـتدلال فرگشـتی خـود نیـاز داریـم. انتهـای شـیب یـک سـنجاب پرنـده یـا پره‌کیسـه‌دار پرنـده یـا پوست‌گسـتر بـا بال‌پوسـت کامـل خواهـد بـود.



آیا خفاش‌ها اینگونه شروع کردند؟

پوست‌گستر دارای انگشتان پرده‌دار است. اما پرده بخش کوچکی از بال پوست بزرگ است. برای ساختن خفاش از پوست‌گستر، فقط باید انگشتان دست را بزرگ کنید.

«پایان» شیب؟ چرا باید آنجا متوقف شود؟ سنجاب‌های پرنده و پوست‌گسترها هنگام چتربازی، اندام‌هایشان را حرکت می‌دهند و این به آن‌ها امکان می‌دهد تا پرواز خود را هدایت کنند. آیا حرکت دادن مکرر و شدیدتر بازوها تا

زمانـی کـه بـه یـک حرکـت بـال زدن تبدیـل شـود تنهـا یـک قـدم کوتـاه بیشـتر نبـود؟ بـرای شـروع، تـکان دادن بـازو فقـط انـدکـی باعـث طولانـی شـدن سـر خـوردن بـه سـمت پاییـن می‌شـود. امـا آیـا تقریبـا سـاده نیسـت کـه ببینیـم چگونـه ایـن طولانـی شـدن می‌توانـد نامحـدود شـود؟ بـه تدریـج، مرحلـه بـه مرحلـه. آیـا ایـن می‌توانـد چیـزی شـبیه بـه نحـوه‌ی شـروع پـرواز خفاش‌هـا باشـد؟

هیـچ فسـیل مفیـدی وجـود نـدارد کـه بـه مـا بگویـد درآغـاز چگونـه خفاش‌هـا خـود را روانـه‌ی آسـمان کردنـد، امـا تصـور وجـود شـیبی قابـل قبـول، آسـان اسـت. بال‌پوسـت یـک بال‌گسـتر بیشـتر بیـن اسـتخوان‌های انـدام اصلـی و دم کشـیده می‌شـود. امـا بیـن انگشـتان کوتاه‌شـان هـم کشـیده شـده اسـت. پاهـای شـبکه‌ای در پرنـدگان آبـزی و پسـتانداران ماننـد اردک‌هـا و سـمورها رایـج اسـت. حتـی برخـی از انسـان‌ها

با پره‌های کوتاه بین انگشتان متولد می‌شوند که به دلیل یک واقعیت عجیب جنین‌شناسی، پدیده‌ای به نام آپوپتوزیا «مرگ برنامه‌ریزی شده‌ی سلولی» اتفاق می‌افتد. در جنین‌های در حال رشد از جمله جنین انسان، انگشتان زندگی را به‌صورت پره‌ای شروع کرده و مانند یک مجسمه از یکدیگر جدا می‌شوند. سلول‌ها به روشی دقیق و برنامه‌ریزی شده می‌میرند. مرگ برنامه‌ریزی شده‌ی سلولی یکی از ترفندهایی است که برای پیکرتراشی جنین استفاده می‌شود. تمام پستانداران قبل از از بین رفتن سلول‌های پره در رحم، انگشتان خود را پره‌ای کرده‌اند. به‌جز سمورها و سایر موجودات آبی که برای شنا به پره نیاز دارند و به‌علاوه‌ی خفاش‌ها که برای پرواز به آن نیاز دارند؛ چند انسان دیگر هم، همان‌طور که گفتم، هستند که آپوپتوز در آن‌ها به اندازه‌ی کافی پیش نرفت.



پدید آوردن انگشتان

در رحِم انگشتان همه‌ی ما پرده‌دار است و برخی از مردم هرگز آن را کاملا از دست نمی‌دهند.

انگشتان پوست‌گستر کوتاه هستند. به راحتی می‌توان دید که چگونه چیزی مانند یک نیای پوست‌گستر می‌تواند به تدریج انگشتان شبکه‌ای خود را در طول زمان فرگشتی بلند کند تا به خفاش تبدیل شود. پوست‌گسترها در درخت خانوادگی تنها هستند و با هیچ

پستاندار دیگری ارتباط نزدیکی ندارند. پس از نخستی‌ها، نزدیک‌ترین خویشاوندان زنده‌ی آن‌ها خفاش‌ها هستند. حتی اگر آن‌ها با خفاش‌ها ارتباطی نداشتند استدلالی که من مطرح کردم هنوز هم خوب می‌بود. برای اجداد خفاش‌ها، کار فرگشت بال‌پوست و سپس بال‌ها آسان نبود: فقط اجتناب از آپوپتوز، همراه با طولانی‌تر شدن استخوان‌های انگشت نسبت به استخوان‌های بازو و فشار انتخابی که باعث پیشروی می‌شود؛ بازسازی بسیار آسانی است: افزایش تدریجی، سانتی‌متر به سانتی‌متر در فاصله‌ی جهشی همراه با افزایش سانتی‌متر به سانتی‌متر انگشتان پره‌ای برای بهبود کنترل دقیق بر شکل سطوح پرواز و سپس بال زدن برای بهبود کنترل و مسافت طی شده که به پرواز واقعی ختم می‌شود.

در اینجا باید اشاره کنم که دانشمندان مختلف

دو تئوری رقیب را در مورد چگونگی شروع حرکت مهره‌داران در مسیر پرواز ارائه می‌کنند: نظریه‌ی «درختی» و نظریه‌ی «دونده‌ای». تا کنون من فقط به نظریه‌ی «درختی» اشاره کرده‌ام. باید اعتراف کنم که آن را ترجیح می‌دهم. اما هر نظریه‌ای می‌تواند برای حیوانات پرنده‌ی مختلف صادق باشد. به‌عنوان مثال، خفاش‌ها ممکن است بر اساس نظریه‌ی «درختی» و پرندگان با نظریه‌ی «دونده‌ای» فرگشت یافته باشند. اکنون به نظریه‌ی «دونده‌ای» می‌پردازیم، که در واقع پرندگان بیش از همه تحت فشار آن قرار گرفته‌اند.



شترمرغ

پرندگان از خزندگانی که از قبل پردار بودند و روی پاهای عقبی‌شان می‌دویدند فرگشت یافتند. اجداد آن‌ها دایناسورهایی بودند که با تیرانوسوروس ترسناک معروف خویشاوند بودند. همان‌طور که در شترمرغ‌های امروزی می‌بینیم، دویدن روی دو پا می‌تواند بسیار سریع باشد. حال، هنگامی که با سرعت روی پاهای عقبی خود بدوید، اندام‌های جلویی بر خلاف پستانداران مستقیما درگیر نیستند اما

شاید بتوانند از راه دیگری کمک کنند. ورزشکاران هنگام دویدن بازوهای خود را به‌شدت به جلو و عقب تکان می‌دهند. شترمرغ‌ها که از جانوران خشک‌زی سریع هستند از «بازوی» خود (یا می‌توانید آن‌ها را بال‌های کوتاه بنامید، زیرا هنوز همان بال‌هایی هستند که از اجداد پرنده‌شان به ارث رسیده‌اند) برای تعادل استفاده می‌کنند؛ مخصوصا هنگام چرخش.

شاید خزندگانی که با سرعت روی پاهای عقب خود می‌دویدند می‌توانستند با جهش‌های متقاطع در حین دویدن، مثل پرنده‌ماهی در آب، کارآمدتر بدوند. پرها که در اصل برای عایق حرارتی بودن فرگشت یافته بودند، می‌توانستند به همان روشی که برای دم پرپشت سنجاب‌ها گفتم به جهش کمک کنند. مخصوصا پرهای روی دم و بازوها، پرش را به همان روش بال‌پوست در حال رشد، طولانی می‌کرند. بازوهایی که با هدف تعادل

دراز شده بودند به ویژه در اینجا مفید بودند و می‌توانستند به بال‌هایی ابتدایی تبدیل شوند که هنوز پرواز واقعی را امکان‌پذیر نمی‌کردند اما باعث طولانی‌تر شدن جهش‌ها می‌شدند. این استدلال مشابه استدلال دامنه‌ی پیوسته‌ی فواصل شاخه‌های درختان است. هر چقدر هم که خزنده بتواند بدون بازوهای پردار بپرد می‌تواند با باز کردن آن‌ها کمی جلوتر بپرد. همان‌طور که قبلا دیدیم طاووس‌ها و قرقاول‌ها پرنده‌های خوبی نیستند. آن‌ها معمولا بلافاصله پس از برخاستن از زمین به زمین بازمی‌گردند: پروازهای طاووس چیزی بیشتر از پرش‌های طولانی‌مدت است که می‌تواند آن‌ها را از خطر نجات دهد. مانند زمانی که یک پرنده‌ماهی به‌طور موقت به هوا می‌رود تا از ماهی تن تعقیب کننده‌اش فرار کند. با گذشت نسل‌ها، همواره جهش‌های فرار طولانی‌تری وجود می‌داشت که از سطحی

همواره بزرگ‌تر از بازوی پردار استفاده می‌کرد و در پروازهای واقعی با طول نامحدود به اوج می‌رسید.

با تبدیل شدن از طعمه به شکارچی، با نظریه‌ی «شکارچی هجومی» مواجه می‌شویم. بر اساس این ایده، نوعی دایناسور پردار در کمین کردن برای طعمه‌ها تخصص داشت. او در مکانی مناسب، شاید در ساحلی شیب‌دار کمین کرده و منتظر گذشتن طعمه می‌ماند تا به آن هجوم آورد. بازوها و دم پردار شکارچی را برای مدت کوتاهی در هوا نگه داشتند که به این معنی بود که می‌توانست از فاصله‌ی دورتری بپرد. بهبودی تدریجی مانند آنچه برای سنجاب‌های پرنده فکر می‌کنیم وجود داشته، اما در این مورد، فاصله‌ی هجوم پرنده به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد.

در اینجا نوعی احتمال دیگر از نظریه‌ی «دونده‌ای» وجود دارد. حشرات مدت‌ها قبل

از هر مهره‌داری پرواز را کشف کردند و انبوهی از حشرات در حال پرواز منبعی غنی از غذا در انتظار بهره‌برداری توسط مهره‌داران در حال فرگشت بودند. شاید خزندگان تندرو برای گرفتن آن‌ها به هوا پریده باشند. ممکن است مانند سگ‌های امروزی آرواره‌های خود را به آن‌ها کوبیده باشند یا مانند گربه‌ها از بازوهای بلند خود استفاده کرده باشند. گربه‌های خانگی معمولی می‌توانند تا ارتفاع ۲ متری به هوا بپرند و پرندگان در حال پرواز و همچنین حشرات را با پنجه‌های درازشان شکار کنند. گربه‌سانان بزرگ مانند پلنگ هم همین کار را انجام می‌دهند و پرنده‌های بزرگتر را شکار می‌کنند. آیا خزندگان اجدادی می‌توانستند در هنگام رفتن به دنبال حشرات پرنده، کاری مشابه انجام دهند؟ آیا «بال‌های» ابتدایی و بی‌پرواز می‌توانستند کمک‌شان کند؟

ابتدا نگاهی به فسیل معروف آرکئوپتریکس

بیندازیم. این حیوان از بسیاری جهات بین پرندگان و حیواناتی که معمولا به‌عنوان خزندگان در نظر می‌گیرم بود. بال‌هایی شبیه پرندگان امروزی اما با انگشتان بیرون زده داشت. برخلاف پرندگان امروزی، دندان‌هایی شبیه خزندگان داشت. خب، من می‌گویم بر خلاف پرندگان امروزی، اما... در کتاب «دندان‌های مرغ و انگشتان اسب»، یکی از کتاب‌های دوست داشتنی تاریخ طبیعی، مرحوم استفن جی گولد توضیح می‌دهد که چگونه جنین‌شناسان تجربی مبتکر موفق شدند جنین مرغ را رشد دهند. آن‌ها در آزمایشگاه توانایی اجدادی را که مرغ میلیون‌ها سال قبل از دست داده بود، دوباره پیدا کردند. آرکئوپتریکس دارای یک دم خزنده‌ی استخوانی بلند هم بود که بدون شک به همراه بال‌هایش مساحت سطح پرواز و تثبیت کننده‌ی مهمی بود.



این حیوان یک پرنده است؟ یک خزنده است؟ برای کسی مهم است؟

آرکئوپتریکس جایی نزدیک به اجداد خزنده‌ی همه پرندگان است؛ بنابراین حیوانی بین خزنده و پرنده بود که دندان‌ها، انگشتان برجسته و دم بلند تثبیت کننده داشت.

پیشنهاد شده است که اجداد آرکئوپتریکس پرهای خود را (که در اصل برای عایق حرارتی فرگشت یافته بودند) برای گرفتن حشرات مفید یافتند. پرهای روی بازوها مثل نوعی تور پروانه‌گیری بزرگتر شدند تا حشرات پرنده را به دام بیندازند و مشخص شد که یک تور

پروانه‌گیری ساخته شده از پرها مزیت دیگری داشت: به‌عنوان یک مساحت سطح پرواز ابتدایی کار می‌کرد. هنوز پرواز واقعی انجام نمی‌شد اما بازوهای پردار می‌توانستند به خزنده‌ی جهنده کمک کنند تا به حشرات بالاتر برسد و به جذب‌شان هم کمک می‌کرد. هنگام پریدن برای گرفتن حشره، «تور پروانه‌گیری» به‌عنوان بالی ابتدایی عمل می‌کرد که طول پرش و ارتفاع آن را افزایش می‌داد. حرکت بال در هنگام گرفتن حشره می‌توانست شبیه به بال زدن به‌نظر برسد و می‌توانست موجب بالاروی اضافه شود. به تدریج بازوها عملکرد «تور پروانه‌گیری» خود را از دست دادند زیرا با عملکرد بال جایگزین شد. بنابراین، بر اساس این نظریه، پرواز واقعی در پرندگان فرگشت یافته است. باید بگویم که نظریه‌ی «تور پروانه‌گیری» و دیگر نظریه‌های «دونده‌ای» را کمتر از نظریه‌ی «درختی» معقول‌تر می‌دانم

اما برای کامل بودن مطلب آن‌ها را ذکر می‌کنم زیرا برخی زیست‌شناسان از آن‌ها حمایت می کنند.

با این‌حال، نسخه‌ی دیگری از نظریه‌ی «دونده‌ای»، نظریه‌ی «دویدن روی شیب» است. به‌عنوان مثال، حیواناتی که در زمین زندگی می‌کنند اغلب اوقات درختان را از بین می‌برند تا از دست شکارچیان فرار کنند. شاید سنجاب‌ها اولین حیوانی باشند که به ذهن می‌رسند اما بسیاری از حیوانات دیگر نیز این کار را انجام می‌دهند، البته با تخصص کمتر. تمام تنه‌های درختان عمودی نیستند. بعضی از آن‌ها درختان مرده‌ی سقوط کرده یا شاخه‌های بزرگی که شکسته‌اند، شیب ایجاد می‌کنند. درواقع می‌توان طیف کاملی از زاویه‌ها، از افقی گرفته تا عمودی را در جنگل پیدا کرد. حالا تصور کنید که سعی می‌کنید از یک شیب ۴۵ درجه بالا بروید. می‌توانید

با تکان دادن بازوهای پردار خود به صعودتان کمک کنید. با وجود اینکه هنوز بال‌ها به اندازه‌ی کافی برای بال بازروی و سر خوردن رشد نکرده‌اند اما هنگام بالا رفتن از تنه‌ی شیب‌دار درخت می‌توانند باعث اندکی بالابری و پایداری بیشتری شوند که تاثیر مثبتی ایجاد می‌کند. اکنون، باز هم یک درجه‌بندی بهبود داریم؛ هم به معنای واقعی کلمه و هم به صورت استعاری. همزمان با توسعه‌ی بال‌های اولیه برای شیب ۴۵ درجه، آن‌ها به‌طور خودکار برای بهبود و مقابله با شیب ۵۰ درجه در دسترس خواهند بود و همین‌طور در درجات بالاتر. تمام این‌ها کمی گمانه‌زنی به‌نظر می‌رسد اما آزمایش‌های زیبایی روی بوقلمون‌های اقیانوسیه انجام شده است.

مهم نیست، اما اتفاقا این پرندگان واقعا بوقلمون نیستند.

آن‌ها بوقلمون نامیده شدند زیرا نزدیکترین روش استرالیا در ساخت چیزی شبیه بوقلمون آمریکایی هستند. آن‌ها «مگاپاد» هستند، پرندگانی که روش قابل توجهی برای جوجه‌کشی تخم‌های خود ایجاد کرده‌اند وروی آن‌ها نمی‌نشینند. در عوض توده‌ی کود بزرگی می‌سازند و تخم‌هایشان را در آن دفن می‌کنند. باکتری‌های موجود در کود گرما تولید می‌کنند که عمل جوجه‌کشی تخم‌ها را انجام می‌دهند. تخم‌ها به دما وسواس دارند. هنگامی که والدین روی تخم می‌نشینند درجه حرارت دقیقا مناسب است: دمای بدن والدین به‌طور دقیق تنظیم شده است. پس چگونه بوقلمون‌های اقیانوسیه دمای توده

کود را تنظیم می‌کنند؟ با برداشتن مواد گیاهی از بالای توده کود در زمانی که خیلی گرم است و اضافه کردن مقداری مواد در زمانی که خیلی سرد است. منقار آن‌ها فرگشت یافته و تبدیل به یک دماسنج شده است که برای اندازه‌گیری دما آن را به توده‌ی کود می‌چسبانند.

نتوانستم در برابر بحث انحرافی کوچک در مورد توده‌ی کود بوقلمون‌های اقیانوسیه مقاومت کنم. آن‌ها برایم جذاب هستند. اما برای این کتاب چیزی که اهمیت دارد این است که جوجه‌های آن‌ها در هنگام بیرون آمدن از تخم بسیار توانا و مستقل هستند. باید هم باشند زیرا والدین‌شان در اطراف نیستند تا از آن‌ها مراقبت کنند. قابل توجه است که آن‌ها حتی می‌توانند روز بعد از خروج از تخم پرواز

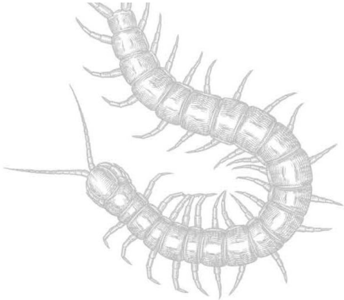
کنند. اما پرواز روش ترجیحی آن‌ها برای دور شدن از شکارچیان نیست. درعوض، از تنه‌ی درختان بالا می‌روند و در حین انجام این کار بال‌های خود را تکان می‌دهند تا کمک‌شان کنند که از شیب بالا بروند. آن‌ها حتی می‌توانند با بال زدن از تنه‌ی درختان عمودی بالا بروند. به راحتی می‌توان دید که وقتی بال‌های کامل می‌توانند به جوجه‌های مگاپاد امروزی در بالا رفتن از سطح عمودی کمک کنند، بال‌های کمتر توسعه‌یافته می‌توانستند به اجدادشان در بالا رفتن از شیب‌های کمتر کمک کنند. بال‌ها فقط در صورت بال زدن موثر بودند - همان‌طور که امروزه جوجه‌های بوقلمون‌های اقیانوسیه بال می‌زنند. یک بار دیگر یک درجه‌بندی بهبود داریم (اتفاقا شیبی از درجه‌بندی!) و اگر بخواهیم توضیح دهیم «بال ناقص چه کاربردی دارد؟» البته که شیب همان چیزی است که به آن نیاز داریم. واقعیت

این است که بر خلاف خلقت‌گرایان، دیدن راه‌های زیادی که طی آن پرواز می‌توانست به تدریج و گام به گام فرگشت یابد اصلا دشوار نیست. راه‌های زیادی که درآن‌ها داشتن بال ناقص بهتر از نداشتن بال است.

در مورد حشراتی که صدها میلیون سال قبل از مهره‌داران پرواز را کشف کردند، چطور؟ چگونه این اتفاق افتاد؟ اکثر حشرات امروزی بال دارند. اگرچه برخی مانند کک‌ها آن‌ها را از دست داده‌اند زیرا نیاکان‌شان بال‌دار بودند. به آن‌ها «بی‌بالان ثانویه» می‌گویند. همان‌طور که قبلا دیدیم، مورچه‌های کارگر و موریانه‌ها نه تنها از اجداد بال‌دار، بلکه از والدین بال‌دار به وجود آمده‌اند زیرا ملکه‌ها و نرها بال دارند. همچنین برخی از حشرات بدوی بدون بال مانند بید کاغذ و دم‌فنری وجود دارند که اجداد آن‌ها هرگز بال نداشته‌اند.

مانند تمام بندپایان (حشرات، سخت‌پوستان،

لب‌پایان، عنکبوت‌ها،کژدم‌ها و غیره)، طرح بدن حشره تقسیم‌بندی شده است. این تقسیم‌بندی در لب‌پایان و هزارپاها بهتر دیده می‌شود. آن‌ها مانند قطاری با تعداد زیادی واگن چیده شده در یک خط، ساخته شده‌اند؛ تقریبا تمام‌شان مانند یکدیگر و هر بخش دارای پاهایی است. در بندپایان دیگر مانند شاه‌میگوها و حشرات، تقسیم‌بندی وجود دارد اما پیچیده‌تر است: بخش‌های مختلف («واگن‌ها») فرگشت یافته‌اند تا با یکدیگر متفاوت باشند. قطارها هم گاهی اوقات واگن‌های مشابه زیادی دارند. گاهی اوقات واگن‌ها به جز چرخ‌های مشابه و مکانیسم‌های جفت یکسان، اشتراک کمی با هم دارند. ما مهره‌داران نیز تقسیم‌بندی داریم. ستون مهره‌ای این تقسیم‌بندی را آشکار می‌کند. اما حتی اگر با دقت به سرهایمان هم نگاه کنیم، به‌ویژه سر جنین، تقسیم‌بندی شده‌اند.



هزارپا

در حشرات، شش بخش اول سر را تشکیل می‌دهند اما در هم فشرده‌اند. بنابراین آرایش قطار مانند آن‌ها مانند پستانداران، مبهم است. سه بخش بعدی قفسه سینه است. بقیه‌ی بخش‌ها هم شکم را تشکیل می‌دهند. هر سه بخش قفسه سینه دارای یک جفت پا هستند و در بیشتر حشرات دو بخش آخر قفسه سینه بال هم دارند. مگس‌ها (و خویشاوندان آن‌ها مانند پشه‌ها و پشه‌ریزه‌ها) همان‌طور که قبلا دیده‌ایم خاص هستند: آن‌ها فقط یک جفت بال دارند، جفت دوم در فرگشت کوچک

شده و تبدیل به افسار «ژیروسکوپی» شده است.

برخلاف بال‌های مهره‌داران، بال‌های حشرات اندام اصلاح‌شده نیستند. همان‌طور که قبلا دیدیم، آن‌ها امتداد دیواره‌ی قفسه سینه هستند. در حشرات هر شش پا برای راه رفتن آزاد می‌مانند. نظریه‌های مختلفی در مورد چگونگی پیدایش بال‌ها وجود دارد. بسیاری از حشرات پرنده در دوره‌ی خردسالی در آب زندگی می‌کنند و وقتی بالغ می‌شوند زندگی هوایی خود را شروع می‌کنند. در برخی از این دوره‌های خردسالی، پوره‌ها دارای آبشش‌هایی برای تنفس در زیر آب هستند. بر خلاف آبشش ماهی، اما مانند آبشش قورباغه، این آبشش‌ها برآمدگی‌های پردار هستند. برخی از دانشمندان فکر می‌کنند بال‌های حشرات از آبشش‌های اصلاح شده فرگشت یافته‌اند. نظریه‌ی دیگر این است که پوره‌های آبزی

«بادبان‌هایی» را برای عبور از سطح آب توسعه دادند که بعدتر به بال تبدیل شدند.

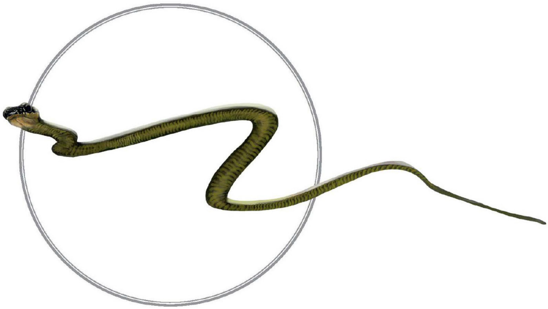
تئوری رایج در حال حاضر این است که برآمدگی‌های کوچک - برجستگی‌ها در امتداد قفسه سینه - به‌جای سطوح پروازی، به‌عنوان سطوح آفتاب‌گیر «پنل‌های خورشیدی» برای گرم کردن بدن بیرون می‌آیند. نویسندگان این نظریه بخشی از آزمایشات‌شان روی حشرات را در تونل‌های باد انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که برجستگی‌های قفسه سینه‌ای بسیار کوچک برای اهداف آیرودینامیکی کمتر مفید هستند تا برای جذب نور خورشید. بال‌های بزرگتر از نظر آیرودینامیکی بهتر می‌شوند. در برآمدگی‌های صاف قفسه سینه، مساحت سطح پرواز در اندازه‌ی آستانه‌ای، از صفحه‌ی خورشیدی به‌عنوان مزیت اصلی سبقت می‌گیرد. بنابراین حشرات تنها با بزرگتر شدن می‌توانستند کارایی برآمدگی‌هایی

که به‌عنوان جاذب خورشید شروع به کار می‌کردند را تغییر دهند که اغلب و به دلایل زیادی به راحتی انجام می‌شود. با بزرگ‌تر شدن بال‌ها، آن‌ها به‌طور خودکار به‌عنوان سطوح پرواز مفیدتر می‌شوند. این بال‌ها توانستند بعدها به بال‌های مناسب تبدیل شوند.

بنابراین، طبق این نظریه، گام‌های اولیه برای افزایش شیب فرگشتی به دلایل گرمایش خورشیدی برداشته شده بودند. بدیهی است که این شیب صافی خواهد بود: هر چه ناحیه‌ی برآمده بزرگ‌تر باشد، جذب اشعه‌ی خورشید بیشتر است و هنگامی که اندازه‌ی آستانه فراتر رفت برآمدگی‌ها به‌طور خودکار ابتدا برای سر خوردن و بعدتر برای بال زدن، با استفاده از ماهیچه‌هایی که از قبل در قفسه سینه وجود دارند، مفید واقع می‌شوند. از فصل ۸ به یاد دارید که بال زدن حشرات معمولا توسط ماهیچه‌هایی انجام می‌شود که خیلی ساده

قفسه سینه را تغییر شکل می‌دهند. فکر کنید که بهترین پنل حمام آفتاب احتمالا نازک است - مانند یک بال. افزایش تدریجی و گام به گام در اندازه‌ی بدن اتفاقا برجستگی‌های قفسه سینه را از آستانه عبور داد تا به‌طور خودکار به‌عنوان سطوح پروازی مفیدتر شدند.

هر کدام از نظریه‌های ارائه شده را بپسندی؛ دوباره به این جمع‌بندی می‌رسیم که سوال «بال ناقص چه کاربردی دارد؟» یک مشکل محسوب نمی‌شود؛ در حشرات، پتروسورها، خفاش‌ها و پرندگان، فرگشت تدریجی و گام به گام توسط انتخاب طبیعی آن را مدیریت می‌کند.



حتی بدون بال ناقص

مار پرنده جنگلی نشان می‌دهد که چگونه می‌توان این کار را انجام داد، فقط با صاف کردن بدن تا دو برابر شدن عرض آن و «شنا کردن» سینوسی در هوا از درختی به درخت دیگر.

فصل ۱۵

میل به جهان بیرون: فراتر از پرواز





صحنه‌ای از مریخ در زمانی که این کتاب را می‌نوشتم

آیا آینده شاهد یک مستعمره‌ی در حال شکوفایی بشری خواهد بود؟ تماس با خانه آسان نخواهد بود. بسته به موقعیت مداری نسبی، رسیدن هر کلمه بین ۳ تا ۲۲ دقیقه طول خواهد کشید.

فصل ۱۵

میل به جهان بیرون: فراتر از پرواز

من کتاب را با این سؤال شروع کردم که آیا – مثل من – تا بحال رویای پرواز مثل یک پرنده را داشتی یا خیر. اما اکنون در پایان، این سوال را دارم که آیا رویای ترک زمین و پرواز تا مریخ را در سر می‌پرورانی؟ یا شاید یکی از قمرهای مشتری؟ یا زحل؟ وقتی جوان بودم آن رویا متعلق به داستان‌های علمی تخیلی بود. من عاشق شخصیت کامیک استریپی به نام «خلبان بی‌باک» بودم. او خلبانی از آینده بود. او و دیگبی، دستیارش در لانکاشر، وارد فضاپیمای خود می‌شدند، جوی استیک را می‌گرفتند و به سمت مشتری پرواز می‌کردند.

امروزه می‌دانیم که سفر به مشتری به این سادگی‌ها هم نیست. چندین سال طول می‌کشد تا به آنجا برسیم و پروژه‌ای عظیم و مشارکتی شامل صدها مهندس و دانشمند است. مدارها از قبل محاسبه می‌شوند و برنامه‌ای پیچیده از تیرکمان‌های گرانشی در اطراف سیارات دیگر در طول مسیر برنامه‌ریزی می‌شود. حتی سفر به مریخ ماه‌ها طول می‌کشد. اما این یک احتمال واقعی است. فضاپیماهای بدون سرنشین قبلا این کار را انجام داده‌اند. ایلان ماسک نه تنها می‌خواهد موشک‌های خود را به مریخ بفرستد بلکه می‌خواهد در آنجا یک مستعمره ایجاد کند و دلیل مهمی هم برای این کار دارد.

بحث فصل ۱۱ را به خاطر داری؟ نظریه ریاضی در مورد اینکه چرا حیوانات و گیاهان تمایل فرستادن حداقل تعدادی از فرزندان به محیط‌های دورتر را ایجاد کرده‌اند تا شانس

خود در زندگی در دوردست‌ها را امتحان کنند؛ حتی اگر خود والدین در بهترین مکان ممکن هم زندگی کنند؟ دلیل اصلی این بود که دیر یا زود فاجعه‌ای مانند آتش‌سوزی یا سیل یا زلزله در هر کجا که باشید رخ خواهد داد. بنابراین حتی بهترین مکان در جهان به هر حال بهترین مکان نخواهد ماند.

خب، زمین مطمئنا اکنون بهترین مکان برای زندگی انسان است و مریخ مکان وحشتناکی برای زندگی است. اما آیا ممکن است روزی زمین با فاجعه‌ای چنان بد مواجه شود که تنها راه نجات بشر مستعمره‌ای از پیشگامان در جایی دیگر باشد؟ شاید بپرسی چه نوع فاجعه‌ای؟ چندین احتمال وجود دارد از جمله اثرات بلندمدت تغییرات اقلیمی، همه‌گیری یک بیماری کشنده و انواع مختلف جنگ با فناوری‌های پیشرفته، از جمله جنگ بیولوژیکی، که از کنترل خارج شده‌اند. اما من یک امکان

دیگر را برمی‌شمارم. مسلما بعیدترین مورد در کوتاه مدت است اما در مورد آن صحبت خواهم کرد زیرا کمترین احتمال را دارد که به ذهن اکثر مردم خطور کرده باشد. اگرچه در کوتاه مدت بعید است مطمئنا در نهایت اتفاق خواهد افتاد و وقتی اتفاق بیفتد بدتر از تاریک‌ترین کابوس‌های هر کسی خواهد بود. اگر بخواهیم از آن اجتناب کنیم چاره‌ی آن باید سوق دادن هنرهای پروازمان به فراتر از هر چیزی که تاکنون در این کتاب به آن پرداخته‌ایم باشد.



شهاب‌سنگ

می‌دانی که چه اتفاقی برای دایناسورها افتاد. نوع آن‌ها ۱۷۵ میلیون سال بر این کره‌ی خاکی حکومت کرده بودند. برای دایناسورها زمین سیاره‌ی کاملی بود تا اینکه از آسمان آبی روشن بدون هیچ هشداری، تکه سنگی به اندازه‌ی یک کوه با سرعت تقریبا ۶۵,۰۰۰ کیلومتر در ساعت مستقیما به داخل شبه جزیره یوکاتان کنونی در مکزیک سقوط کرد. دایناسورهای محلی فورا توسط گرمای شدید در دمای بیش از ۲۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تبخیر شدند. اما این تازه آغاز ماجرا بود. این برخورد معادل انفجار چندین میلیارد بمب اتمی استفاده شده در هیروشیما بود که به‌طور همزمان در یک نقطه منفجر شدند. دریا به جوش آمد و موج جزر و مدی با ارتفاع کیلومتری در سراسر جهان به راه افتاد. اما در نهایت، احتمالا گرمای انفجاری یا آتش‌سوزی جنگل‌ها یا سونامی نبود که آخرین دایناسورها را کشت. برخورد شدید،

ابرهـای متراکمـی از خاکسـتر، غبـار و قطـرات اسـید سـولفوریک را در هـوا پراکنـد کـه سـال‌ها جهـان را تاریـک و سـرد کـرد. دایناسـورهای یوکاتـان خوش‌شـانس بودنـد. آن‌هـا فـورا از بیـن رفتنـد. آن‌هایـی کـه دورتـر زندگـی می‌کردنـد سرنوشـت بدتـری داشـتند: گرسـنگی؛ زیـرا گیاهانـی کـه بـه آن‌هـا وابسـته بودنـد بـه دلیـل کمبـود نور خورشـید می‌مردنـد. مـا پسـتانداران به‌سـختی و احتمـالا بـا خـواب زمسـتانی در زیـر زمیـن توانسـتیم جـان سـالم بـه در ببریـم. سـرانجام از زیـر زمیـن بیـرون آمدیـم و خیـره بـه نـور خورشـید کـه آرام آرام برمی‌گشـت مبهـوت بودیـم. اکنـون هـم اینجـا هسـتیم، نـوادگان آن معـدود بازمانـدگان: مـا کـه بـه مـوش و کرگـدن، فیـل و کانگـورو، شـاخ‌دراز و نهنـگ، خفـاش و انسـان فرگشـت یافتیـم. امـا مـا خیلـی خوش‌شـانس بودیـم و ممکـن اسـت دفعـه‌ی بعـد چنـدان خوش‌شـانس نباشـیم.

زیـرا دوبـاره ایـن اتفـاق خواهـد افتـاد.

شهاب‌سنگ‌های کوچک‌تر اغلب به زمین برخورد می‌کنند و برخورد با شهاب‌سنگ دیگری به بزرگی قاتل دایناسورها یا حتی بزرگ‌تر اجتناب‌ناپذیر است. نباید زیادی نگران شد. اگرچه ممکن است در طول زندگی‌ات، یا حتی هفته‌ی آینده چنین اتفاقی بیفتد اما این اتفاق خیلی محتمل نیست: ۶۵ میلیون سال زمان زیادی است و ممکن است تا ۶۵ میلیون سال دیگر برخورد بزرگی را تجربه نکنیم. با این وجود برخی از مردم، از جمله من هنگام بدبینانه اندیشیدن، فکر می‌کنند زمان آن رسیده است که انسان‌ها خود را برای این احتمال آماده کنند. هیچ‌کس دیگری این کار را نخواهد کرد. سیاره‌ی ما به ما متکی است.

یکی از راه‌های آماده‌سازی، توسعه‌ی فناوری شناسایی، رهگیری و انحراف شهاب‌سنگی است که مدار بیضوی آن به دور خورشید تهدیدی برای برخورد با مدار تقریبا دایره‌ای سیاره‌ی ما است.

ما خیلی از فهمیدن چگونه انجام دادن این کار دور نیستیم. یک گام بزرگ در مسیر درست، شاهکار فضاپیمای روزتا در فرود بر روی یک دنباله‌دار بود. گام بعدی این است که سیارک یا دنباله‌دار را در مداری متفاوت به دور خورشید سوق دهیم. کمی سرعتش را افزایش داده یا کمی سرعتش را کم کنیم تا دیگر مدارش با مدار ما همپوشانی نداشته باشد. تغییر لازم در سرعت به‌طرز شگفت‌آوری اندک است. اما ما باید نیروی بسیار زیادی را اعمال کنیم تا بر شهاب‌سنگی به اندازه‌ی کوه که می‌تواند بقای ما را تهدید کند تأثیر بگذاریم.

اما هر تهدیدی برای زمین چه یک دنباله‌دار باشد یا طاعونی غیرقابل توقف؛ ایجاد مستعمره‌ای از انسان‌ها در سیاره‌ی دیگری مانند مریخ قابل توجه است. البته ممکن است سیارکی غول‌پیکر به مریخ نیز برخورد کند. اما هر دو سیاره توسط یک سیارک – یا یک طاعون

– مورد اصابت قرار نمی‌گیرند و مطمئنا ضرب المثل قرار دادن تمام تخم‌مرغ‌های خود در یک سبد را شنیده‌ای. ایجاد یک مستعمره در مریخ بسیار دشوار خواهد بود – اکسیژن خیلی کم است و آب کمی وجود در آنجا وجود دارد. مریخ اکثریت قریب به اتفاق انسان‌ها را نمی‌تواند نجات دهد اما می‌تواند گونه‌ی ما را نجات دهد. حداقل یک خاطره، یک آرشیو از همه چیزهایی که در طول قرن‌ها به دست آورده‌ایم وجود خواهد داشت: موسیقی، هنر و معماری، ادبیات، علم. همچنین استعمار مجدد زمین و شروع مجدد در نهایت امان‌پذیر خواهد بود که یکی از دلایل تمایل به رفتن به مریخ است.

در فصل ۱۱ درباره‌ی میل به جهان بیرون در حیوانات و گیاهان برای فرستادن فرزندان به دور از آسایش کنونی و به ناشناخته‌ی وحشی صحبت کردیم، آیا یاد چیزی در تاریخ بشر افتادی؟ روح

ماجراجویی و بی‌پروایی پیشگامانه؟ آیا به انگیزه‌ای فکر کردی که کاوشگران بزرگی مانند کریستف کلمب را برانگیخت که بدون داشتن سرنخی به‌سمت آمریکا و غرب حرکت کرد؟ یا فردیناند ماژلان که به سفر به دور دنیا رفت (اگرچه قبل از رسیدن به خانه کشته شد)؟ حداقل در مورد آمریکا استعمارگران آینده که به دنبال پناهندگی بودند آن‌ها را دنبال کردند اما نمی‌دانستند چه خطرات و رنج‌هایی در انتظار آن‌هاست.

قبل‌تر وایکینگ‌ها به رهبری اریک سرخ با میل به جهان بیرون مشابهی به سمت غرب ناشناخته حرکت کرده و خانه‌ای در گرینلند برپا کردند. پسر اریک، لیف اریکسون، فراتر رفت و ۵۰۰ سال قبل از کلمب به آمریکای شمالی رسید. هیچ‌کس نمی‌داند که اجداد بومیان امروزی آمریکا چه زمانی از تنگه یخ زده بِرینگ از آسیا عبور کردند اما چه کسی با اطمینان

می‌توانـد ایـن را انـکار کنـد کـه آن‌هـا نیـز بـا همـان روحیـه‌ی ماجراجویـی هدایـت شـده‌اند؟ دودمـان اریـک سـرخ، ماجراجویـان وسـترن وایکینـگ ممکـن اسـت الهام‌بخـش جـان ویندهـام، نویسـنده‌ی داسـتان‌های علمـی تخیلـی هنـگام نوشـتن کتـاب «میـل بـه جهـان بیـرون» باشـند کـه عنوانـش را بـرای ایـن فصـل قـرض گرفتـه‌ام. قهرمانـان او هفـت نسـل از خانـواده‌ای بودنـد کـه اشـتیاق بـه ارث بـرده بـرای کشـف ناشـناخته‌های وحشـی آن‌هـا را بـه اعمـاق فضـا هدایـت کـرد.

ایـن آخریـن پاراگراف‌هـا را در اتـاق هتلـم در شـهر زوریـخ می‌نویسـم، جایـی کـه در یـک کنفرانـس الهام‌بخـش شـرکت می‌کنـم: STARMUS، نشسـتی از دانشـمندان، نوازنـدگان راک و فضانـوردان بـرای بزرگداشـت پنجـاه سـالگی اولیـن قـدم گذاشـتن انسـان‌ها بـر روی مـاه. بسـیاری از فضانـوردان اینجـا از اعضـای برنامـه‌ی آپولـوی ایالات متحـده هسـتند. برخـی از آن‌هـا روی مـاه قـدم

گذاشته‌اند. هر کدام از آن‌ها در این کنفرانس به شیوایی شرح دادند که چگونه تجربه‌ی رفتن به فضا، راه رفتن روی ماه، در حالت بی‌وزنی شناور شدن، دیدن زمین از بیرون در پهنه‌ی آسمان سیاه آن‌ها را تغییر داد. آن‌ها بیشتر از بین خلبانان آزمایشی جنگنده برگزیده می‌شوند. طبع خلبانان جنگنده، در کل، طبع شاعرانه‌ای در نظر گرفته نمی‌شوند. آن‌ها معمولا احساساتی نیستند و این مسئله سخنان آن‌ها را تکان‌دهنده‌تر می‌کند. من آن‌ها را وارثان کاشفان بزرگ دریانوردی، اریکسون‌ها، ماژلان‌ها، دریک‌ها و کلمب‌های قرن‌های گذشته می‌بینم یا شاید حتی پلینزی‌هایی که قایق‌هایشان یکی پس از دیگری جزیره‌های اقیانوس آرام وسیع را استعمار می‌کردند و حتی تا جزیره دورافتاده‌ی ایستر نفوذ کردند - سفری که شاید به نظر آن‌ها مانند سفر به ماه برای ما بود.



آن‌ها چگونه جزیره ایستر را کشف کردند؟

آیا روح ماجراجویانه مسافران جزیره پلینزی در «میل به جهان بیرون» گونه ما برای استعمار مریخ و شاید در یک روز دور دستیابی به ستاره‌ها زنده است؟

اما همچنین، از آنجایی که من یک زیست‌شناس فرگشتی هستم نمی‌توانم به گذشته دورتر فکر نکنم. از بین اجداد ما که هزار قرن پیش از آفریقا بیرون رفتند و آسیا، اروپا، استرالیا و - بر فراز تنگه برینگ - را استعمار کردند و اولین آمریکایی‌های واقعی

شدند. آیا آن‌ها هم تحت تأثیر همان میل به جهان بیرون قرار داشتند یا فقط نسل به نسل سرگردان بودند و هرگز تصور نمی‌کردند که بخشی از یک مهاجرت بزرگ و تاریخی باشند؟

یا برای بازگشت به مقیاس زمانی میلیون‌ها قرن آیا همان میل به جهان بیرون بود که باعث شد اولین ماهی به خشکی سفر کند؟ آیا این سفر را گوشتی باله‌ای غیرمعمول و ماجراجو انجام داد یا فقط یک تصادف خوشایند بود؟ اولین خزنده ای که به هوا رفت چه بود؟ اولین دایناسور پردار که قرار بود خانواده‌ی بزرگ پرندگان را به دنیا آورد یک فردگرای فوق‌العاده و پیشگام بود یا رویدادی اتفاقی بود؟ من واقعا برای دانستن جواب این سوال‌ها کنجکاو هستم.

برگردیم به کنفرانس زوریخ – نیمه دیگر

گردهمایی متشکل از دانشمندان بود؛ از جمله چندین برنده‌ی جایزه نوبل، همتایان ذهنی فضانوردانی که اولین قدم‌های آزمایشی و فیزیکی را به سوی ناشناخته‌های بی‌وزن برمی‌دارند. رهایی از گرانش که با حشرات، پرندگان، خفاش‌ها و پتروسورها آغاز شده و در ادامه به معنای واقعی کلمه با بالن‌سواران، هوانوردان، در بی‌وزنی فضانوردان گونه‌ی خودمان و به‌طور نمادین، در بلندپروازی‌های خیال دانشمندان به اوج خود رسیده است.

و از روی بالشم به نور ماه و ستارگان خیره
بودم،
می‌دیدم سرسرایی را،
و پیکره‌ی نیوتن با منشور و چهره‌ی
خاموشش
نمایی سنگی از ذهنی را
که تا همیشه در دریاهای غریب فکر
به تنهایی در سفر است.

ویلیام وُردزوُرت
از پیش درآمد، ۱۷۹۹

سطرهای وردزورت در مورد اسحاق نیوتن ممکن است به درستی به استیون هاوکینگ اشاره داشته باشد. کسی که به طرز ظالمانه‌ای از حرکت فیزیکی منع شد و تنها در پشت چهره‌ی همیشه ساکتش در دریاهای فکری

غریب سفر کرد. من فکر می‌کنم مناسب است که در کنفرانس زوریخ مدال استیون هاوکینگ به مهندس بصیر و پیامبر «میل به جهان بیرون» که این کتاب به او تقدیم شده است، اهدا شود.



تلسکوپ

من خود علم را پروازی حماسی به سوی ناشناخته‌ها می‌دانم: چه مهاجرتی واقعی به دنیایی دیگر باشد؛ چه پرواز ذهن و اوج گیری

انتزاعی در فضاهای عجیب ریاضی باشد. یا شاید از طریق تلسکوپ به سمت کهکشان‌های دوردست و در حال عقب‌نشینی برود. یا با لوله‌ی درخشان میکروسکوپی در اعماق موتورخانه‌های سلول زنده غواصی کند.یا در حال مسابقه دادن ذرات به دور دایره غول‌پیکر برخورد دهنده‌ی هادرونی بزرگ. یا شاید در زمان پرواز کند: رو به جلو در همراهی با جهان در حال انبساط شکوهمند یا از میان سنگ‌ها و قبل‌تر از تولد منظومه شمسی، به سمت مبدأ خود زمان.

همان‌طور که پرواز فرار از گرانش به بعد سوم است، علم نیز گریز از عادی بودن همیشگی روزمرگی است که به‌طور فزاینده‌ای بلندای رفیع تخیل را طی می‌کند.

بیا بال‌هایمان را باز کنیم و ببینیم ما را با خود تا کجا می‌برند.



پسری در پرواز

درباره‌ی نویسنده

ریچارد داوکینز



ریچارد داوکینز نخستین استاد چارلز سیمونی برای درک عموم از علم در دانشگاه آکسفورد بود. کتاب های او میلیون‌ها نسخه فروخته و به بیش از چهل زبان منتشر شده است. آن‌ها عبارتند از: ژن خودخواه، ساعت ساز نابینا، توهم خدا، جادوی واقعیت و مجموعه

ای از پرفروش‌ترین آثار دیگر. در سال ۲۰۱۷، به مناسبت سی‌امین سالگرد جایزه کتاب علمی، انجمن سلطنتی نظرسنجی‌ای را برای شناسایی «الهام‌بخش‌ترین کتاب‌های علمی تمام دوران» انجام داد: ژن خودخواه در صدر نظرسنجی قرار گرفت. ریچارد داوکینز دارای دکترای افتخاری در علوم و ادبیات است و عضو انجمن سلطنتی و انجمن سلطنتی ادبیات است. او مستندهای علمی‌ای را هم در بی‌بی‌سی و کانال ۴ ارائه کرده است و برای ایراد سخنرانی‌های کریسمس برای کودکان مؤسسه سلطنتی در سال ۱۹۹۱ که توسط بی‌بی‌سی پخش می‌شد انتخاب شد. او در سال ۲۰۱۳ در نظرسنجی مجله پراسپکت از ۱۰۰۰۰ خواننده از بیش از ۱۰۰ کشور جهان به عنوان متفکر برتر جهان انتخاب شد.

درباره‌ی تصویرگر

جانا لنزوا

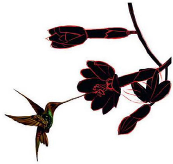


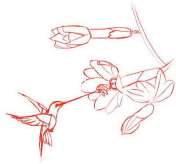
جانا لنزوا، متولد و بزرگ شده در براتیسلاوا در اسلواکی است. او تصویرگر، مترجم و مترجم همزمان است. دو علاقه بزرگ او زبان و طراحی است که اولی به دومی منتهی شد. پس از اینکه او مأمور شد کتاب «توهم خدا» ریچارد داوکینز را به زبان اسلواکی ترجمه کند، به عنوان تصویرگر شروع به همکاری در کتاب‌های او کرد. جانا همچنین چندین جلد کتاب را به تصویر کشیده است و آثار هنری او در وبلاگ‌های

مختلف از جمله وبلاگ CBC/Radio-Canada که بازی‌های المپیک زمستانی ۲۰۱۴ را پوشش می‌داد، نمایش داده شده است.

جانا به صورت دیجیتالی کار می‌کند، از طرح‌های اولیه‌اش گرفته تا رنگ‌آمیزی تصاویرش. در زیر برخی از مراحل تصویرسازی برای مرغ مگس‌خوار آمده است - اولین تصویری که جانا برای این کتاب طراحی کرد.



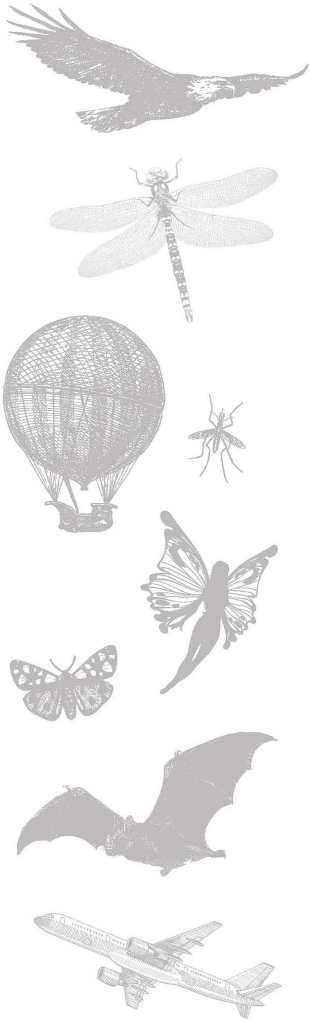






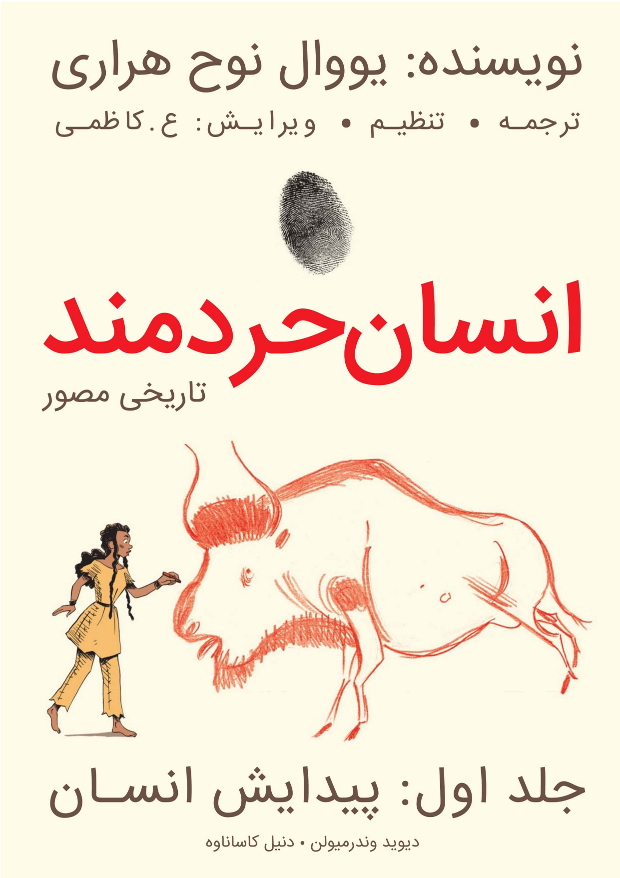
قدردانی

با تشکر از آنتونی چیتام، جورجینا بلک ول، جسی پرایس، کلمنس ژاکین، استیون و دیوید بالبوس، اندرو پاتریک، دیوید نورمن، مایکل، سارا و کیت کتلول، گرگ استیکلدر، لارنس کراوس، لئونارد ترامیل، جین سفک، سونجی کنینگتون، هنری، هنری ، کانی اوگورملی و مرحوم رند راسل که نبودش بسیار حس می‌شود.



دیگر آثار رایگان از همین مترجم:



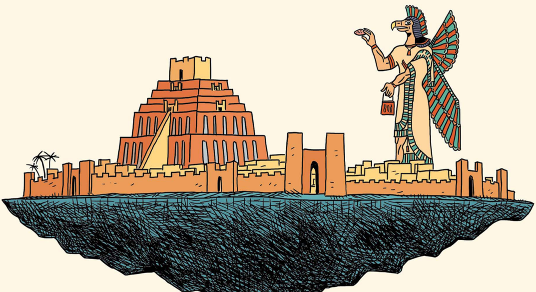

نویسنده: یووال نوح هراری
ترجمه • تنظیم • ویرایش: ع. کاظمی
انسان خردمند
تاریخی مصور
جلد اول: پیدایش انسان
دیوید وندرمیولن • دنیل کاساناوه

نویسنده: یووال نوح هراری
ترجمه • تنظیم • ویرایش: ع. کاظمی



انسان‌حردمند

تاریخی مصور



جلد دوم: ستون‌های تمدن

دیوید وندرمیولن • دنیل کاساناوه